This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

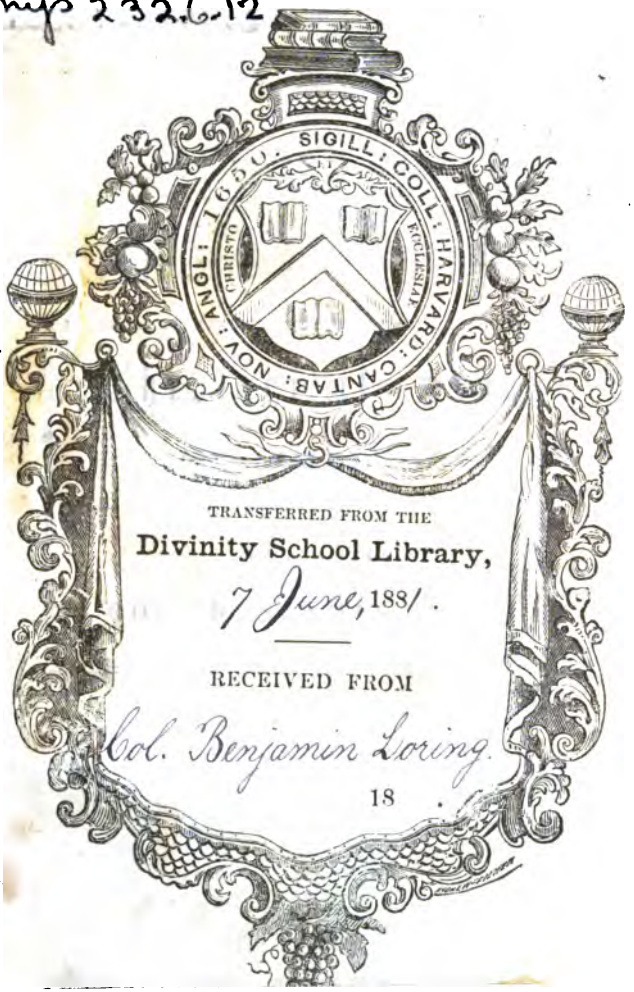
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

Phys 232.6.12



SCIENCE CENTER LIBRARY

Ueber

das

Studium der Naturwissenschaft.

Von

Sir John Frederick William

J. F. W. Herschel. Bart.

Aus dem Englischen übersetzt

von

Friedrich Christian

F. C. Henrici.

Göttingen

bei Vandenhoeck und Ruprecht.

1836.

DIVINITY SCHOOL LIBRARY. HARVARD UNIVERSITY

~~V.768~~
~~Phil 182.31.8~~
Phyp 232.6.12

Dem Herrn

J. F. L. Hausmann,

Kön. Großbritannisch-Hannoverschem Hofrath und ordentlichem Professor an der G. A. Universität zu Göttingen,

Ritter des Kön. Guelphen-Ordens,

der Kön. Societät der Wissenschaften daselbst und anderer gelehrten Gesellschaften Mitgliede,

seinem theuren Lehrer und verehrten Freunde

der Uebersetzer.

Dem Andenken

[illegible]

Vorwort des Uebersetzers.

Die treffliche Schrift, von welcher ich den Freunden der Naturwissenschaft hier eine Uebertragung in die deutsche Sprache übergebe *), bildet die Einleitung zu einer von D. Lardner unter dem Titel Cabinet Cyclopaedia herausgegebenen Sammlung ausführlicherer Werke über einzelne Zweige der Naturwissenschaft.

Alle in dieser Schrift vorkommenden Maaße, Gewichte und Entfernungen sind englische, deren Reduction auf deutsches Gemäß nach der hierunter beigefügten Vergleichungstabelle von Jedem, der sie wünschen sollte, leicht ausgeführt werden kann.

*) Ihr vollständiger Titel ist: Preliminary Discourse on the Study of Natural Philosophy by J. F. W. Herschel etc. etc.

Was dieſe Ueberſetzung betrifft, ſo wünſche ich, daß man meine Arbeit nicht mißlungen finden möge.

Harſte bei Göttingen, im Mai 1836.

F. C. Henrici.

1 engl. Fuß	= 0,971	Preuß. Fuß.
1 Yard = ½ Fathom	= 2,742	— —
1 Bushel	= 0,661	— Scheffel.
1 Chaldron	= 23,8	— —
1 Gallon	= 0,0661	— Eimer.
1 Pund Troy	= 0,7979	— Pfund.
1 Grain	= mehr	— — (= [illegible] Loth).
1 Acre	= 1,584	— Morgen.
1 engl. Meile	= 0,217	geograph. Meile.
1 — Seemeile	= 0,25	— — .

Inhalt.

Erster Theil.

Von der Natur und den Vortheilen des Studiums der physicalischen Wissenschaften im Allgemeinen.

Erstes Capitel. Vom Menschen, betrachtet als ein mit Instinct, Vernunft und Speculation begabtes Geschöpf. — Allgemeiner Einfluß wissenschaftlicher Bestrebungen auf den Geist. S. 1—19.

Zweites Capitel. Von der abstracten Wissenschaft als einer Vorbereitung zum Studium der Physik. — Eine tiefe Bekanntschaft mit ihr nicht unumgänglich nöthig zu einem klaren Verständniß physicalischer Gesetze. — Wie eine Ueberzeugung von ihrer Wahrheit ohne jene erlangt werden kann. — Beispiele. — Weitere Eintheilung des Gegenstandes. S. 19—36.

Drittes Capitel. Von der Natur und den unmittelbaren und mittelbaren Gegenständen der physicalischen Wissenschaft, betrachtet an und für sich und hinsichtlich ihrer Anwendung auf die practischen Zwecke des Lebens und ihres Einflusses auf das Wohlsein und Fortschreiten der menschlichen Gesellschaft. S. 37—77.

Zweiter Theil.

Von den Principien, auf welche die Naturwissenschaft zu erfolgreichem Betriebe gegründet, und von den Regeln, nach welchen eine systematische Erforschung der Natur geleitet werden muß, mit Erläuterungen ihres Einflusses durch Beispiele aus der Geschichte ihrer Fortschritte.

Erstes Capitel. Von der Erfahrung, als der Quelle unseres Wissens. — Von der Ablegung der Vorurtheile. — Von der Evidenz unserer Sinne. S. 78—88.

Zweites Capitel. Von der Analyse der Phänomene. S. 89—107.

Drittes Capitel. Von dem Zustande der physicalischen Wissenschaft im Allgemeinen vor dem Zeitalter Galilei's u. Bacon's. S. 108—121.

Viertes Capitel. Von der Beobachtung von Thatsachen und der Sammlung von Beispielen. S. 121—138.

Fünftes Capitel. Von der Classification natürlicher Gegenstände und von der Nomenclatur. S. 139—147.

Sechstes Capitel. Von der ersten Stufe der Induction, — der Entdeckung der nächsten Ursachen und der Gesetze von dem niedrigsten Grade von Allgemeinheit, und deren Bestätigung. S. 148—195.

Siebentes Capitel. Von den höheren Graden der inductiven Verallgemeinerung, und von der Bildung und Bestätigung der Theorien. S. 195—226.

Dritter Theil.

Von der Unterabtheilung der Physik in bestimmte Zweige und deren gegenseitigen Beziehungen.

Erstes Capitel. Von den Phänomenen der Kraft und der Beschaffenheit der Naturkörper. S. 227—253.

Natur fester Körper im Allgemeinen. S. 244—246.

Crystallographie. S. 246—253.

Zweites Capitel. Von der Fortpflanzung der Bewegung durch Körper hindurch. S. 253—272.

Vom Schall und Licht. S. 253—257.

Licht und Sehen. S. 257—272.

Drittes Capitel. Von den cosmischen Phänomenen. S. 272—297.

Astronomie und Mechanik des Himmels. S. 272—288.

Geologie. S. 288—297.

Viertes Capitel. Von der Untersuchung der materiellen Bestandtheile der Welt. S. 297—316.

Mineralogie. S. 297—303.

Chemie. S. 303—316.

Fünftes Capitel. Von den imponderablen Formen der Materie. S. 317—354.

Wärme. S. 317—330.

Magnetismus und Electricität. S. 331—353.

Zusatz des Uebersetzers. S. 353 u. 354.

Sechstes Capitel. Von den Ursachen des gegenwärtigen raschen Fortschreitens der physicalischen Wissenschaften im Vergleich mit deren Ausbildung zu einer früheren Zeit. S. 354—368.

»In primis, hominis est propria **veri** inquisitio atque in»vestigatio. Itaque, cum sumus negotiis necessariis curisque »vacui, tum avemus aliquid videre, audire ac dicere, cognitio»nemque rerum, aut occultarum aut admirabilium, ad bene »beateque vivendum necessariam ducimus; — ex quo intelligi»tur, quod **verum**, simplex sincerumque sit, id esse naturae »hominis aptissimum. Huic veri videndi cupiditati adjuncta est »appetitio quaedam principatus, ut nemini parere animus bene »a natura informatus velit, nisi praecipienti aut docenti aut »utilitatis causa juste et legitime imperanti: ex quo animi ma»gnitudo existit et humanarum rerum contemtio.«

Cicero de officiis, lib. I. §. 13.

Vor allem ist dem Menschen ein Streben und Forschen nach **Wahrheit** eigenthümlich. Daher sind wir, sobald wir von nothwendigen Geschäften und Sorgen frei sind, begierig, etwas zu sehen, zu hören und zu sagen, und halten eine Kenntniß verborgener oder bewunderungswürdiger Dinge zum Wohl- und Glücklichleben für nothwendig; woraus wir erkennen, daß das, was **wahr**, einfach, ächt ist, der Natur des Menschen am angemessensten sey. Mit dieser Begierde nach Erkenntniß der Wahrheit ist ein gewisses Verlangen nach Vorrang verbunden, so daß eine von Natur gut geschaffene Seele niemanden gehorchen will, als dem Unterrichtenden, dem Lehrenden, oder dem um des gemeinen Besten willen gerecht und rechtmäßig Befehlenden; und daraus entspringt Seelengröße und Verachtung des Treibens der Welt.

Ueber das Studium der Naturwissenschaft.

Ueber

das

Studium der Naturwissenschaft.

Von

Sir John Frederick William

J. F. W. Herschel, Bart.

Aus dem Englischen übersetzt

von

Friedrich Carl Henrici

F. C. Henrici.

Göttingen

bei Vandenhoeck und Ruprecht.

1836.

DIVINITY SCHOOL
LIBRARY.
HARVARD UNIVERSITY

H.768
Phil 182.31.8
Phyp 232.6.12

Dem Herrn

J. F. L. Hausmann,

Kön. Großbritanniſch-Hannoverſchem Hofrath und ordentlichem Profeſſor an der G. A. Univerſität zu Göttingen,

Ritter des Kön. Guelphen-Ordens,

der Kön. Societät der Wiſſenſchaften daſelbſt und anderer gelehrten Geſellſchaften Mitgliede,

ſeinem theuren Lehrer und verehrten Freunde

der Ueberſetzer.

Dem Andenken

[illegible]

Vorwort des Uebersetzers.

Die treffliche Schrift, von welcher ich den Freunden der Naturwissenschaft hier eine Uebertragung in die deutsche Sprache übergebe *), bildet die Einleitung zu einer von D. Lardner unter dem Titel Cabinet Cyclopaedia herausgegebenen Sammlung ausführlicherer Werke über einzelne Zweige der Naturwissenschaft.

Alle in dieser Schrift vorkommenden Maaße, Gewichte und Entfernungen sind englische, deren Reduction auf deutsches Gemäß nach der hierunter beigefügten Vergleichungstabelle von Jedem, der sie wünschen sollte, leicht ausgeführt werden kann.

*) Ihr vollständiger Titel ist: Preliminary Discourse on the Study of Natural Philosophy by J. F. W. Herschel etc. etc.

Was dieſe Ueberſetzung betrifft, ſo wünſche ich, daß man meine Arbeit nicht mißlungen finden möge.

Harſte bei Göttingen, im Mai 1836.

F. C. Henrici.

1 engl. Fuß	= 0,971	Preuß. Fuß.
1 Yard = ½ Fathom	= 2,742	— —
1 Bushel	= 0,661	— Scheffel.
1 Chaldron	= 23,8	— —
1 Gallon	= 0,0661	— Eimer.
1 Pund Troy	= 0,7979	— Pfund.
1 Grain	= [illegible]	— (= [illegible] Loth).
1 Acre	= 1,584	— Morgen.
1 engl. Meile	= 0,217	geograph. Meile.
1 — Seemeile	= 0,25	— —

Inhalt.

Erster Theil.

Von der Natur und den Vortheilen des Studiums der physicalischen Wissenschaften im Allgemeinen.

Erstes Capitel. Vom Menschen, betrachtet als ein mit Instinct, Vernunft und Speculation begabtes Geschöpf. — Allgemeiner Einfluß wissenschaftlicher Bestrebungen auf den Geist. S. 1—19.

Zweites Capitel. Von der abstracten Wissenschaft als einer Vorbereitung zum Studium der Physik. — Eine tiefe Bekanntschaft mit ihr nicht unumgänglich nöthig zu einem klaren Verständniß physicalischer Gesetze. — Wie eine Ueberzeugung von ihrer Wahrheit ohne jene erlangt werden kann. — Beispiele. — Weitere Eintheilung des Gegenstandes. S. 19—36.

Drittes Capitel. Von der Natur und den unmittelbaren und mittelbaren Gegenständen der physicalischen Wissenschaft, betrachtet an und für sich und hinsichtlich ihrer Anwendung auf die practischen Zwecke des Lebens und ihres Einflusses auf das Wohlsein und Fortschreiten der menschlichen Gesellschaft. S. 37—77.

Zweiter Theil.

Von den Principien, auf welche die Naturwissenschaft zu erfolgreichem Betriebe gegründet, und von den Regeln, nach welchen eine systematische Erforschung der Natur geleitet werden muß, mit Erläuterungen ihres Einflusses durch Beispiele aus der Geschichte ihrer Fortschritte.

Erstes Capitel. Von der Erfahrung, als der Quelle unseres Wissens. — Von der Ablegung der Vorurtheile. — Von der Evidenz unserer Sinne. S. 78—88.

Zweites Capitel. Von der Analyse der Phänomene. S. 89—107.

Drittes Capitel. Von dem Zustande der physicalischen Wissenschaft im Allgemeinen vor dem Zeitalter Galilei's u. Bacon's. S. 108—121.

Viertes Capitel. Von der Beobachtung von Thatsachen und der Sammlung von Beispielen. S. 121—138.

Fünftes Capitel. Von der Classification natürlicher Gegenstände und von der Nomenclatur. S. 139—147.

Sechstes Capitel. Von der ersten Stufe der Induction, — der Entdeckung der nächsten Ursachen und der Gesetze von dem niedrigsten Grade von Allgemeinheit, und deren Bestätigung. S. 148—195.

Siebentes Capitel. Von den höheren Graden der inductiven Verallgemeinerung, und von der Bildung und Bestätigung der Theorien. S. 195—226.

Dritter Theil.

Von der Unterabtheilung der Physik in bestimmte Zweige und deren gegenseitigen Beziehungen.

Erstes Capitel. Von den Phänomenen der Kraft und der Beschaffenheit der Naturkörper. S. 227—253.

Natur fester Körper im Allgemeinen. S. 244—246.

Crystallographie. S. 246—253.

Zweites Capitel. Von der Fortpflanzung der Bewegung durch Körper hindurch. S. 253—272.

Vom Schall und Licht. S. 253—257.

Licht und Sehen. S. 257—272.

Drittes Capitel. Von den cosmischen Phänomenen. S. 272—297.

Astronomie und Mechanik des Himmels. S. 272—288.

Geologie. S. 288—297.

Viertes Capitel. Von der Untersuchung der materiellen Bestandtheile der Welt. S. 297—316.

Mineralogie. S. 297—303.

Chemie. S. 303—316.

Fünftes Capitel. Von den imponderablen Formen der Materie. S. 317—354.

Wärme. S. 317—330.

Magnetismus und Electricität. S. 331—353.

Zusatz des Uebersetzers. S. 353 u. 354.

Sechstes Capitel. Von den Ursachen des gegenwärtigen raschen Fortschreitens der physicalischen Wissenschaften im Vergleich mit deren Ausbildung zu einer früheren Zeit. S. 354—368.

»In primis, hominis est propria **veri** inquisitio atque in»vestigatio. Itaque, cum sumus negotiis necessariis curisque »vacui, tum avemus aliquid videre, audire ac dicere, cognitio»nemque rerum, aut occultarum aut admirabilium, ad bene »beateque vivendum necessariam ducimus; — ex quo intelligi»tur, quod **verum**, simplex sincerumque sit, id esse naturae »hominis aptissimum. Huic veri videndi cupiditati adjuncta est »appetitio quaedam principatus, ut nemini parere animus bene »a natura informatus velit, nisi praecipienti aut docenti aut »utilitatis causa juste et legitime imperanti: ex quo animi ma»gnitudo existit et humanarum rerum contemtio.«

Cicero de officiis, lib. I. §. 13.

Vor allem iſt dem Menſchen ein Streben und Forſchen nach **Wahrheit** eigenthümlich. Daher ſind wir, ſobald wir von nothwendigen Geſchäften und Sorgen frei ſind, begierig, etwas zu ſehen, zu hören und zu ſagen, und halten eine Kenntniß verborgener oder bewunderungswürdiger Dinge zum Wohl- und Glücklichleben für nothwendig; woraus wir erkennen, daß das, was **wahr**, einfach, ächt iſt, der Natur des Menſchen am angemeſſenſten ſey. Mit dieſer Begierde nach Erkenntniß der Wahrheit iſt ein gewiſſes Verlangen nach Vorrang verbunden, ſo daß eine von Natur gut geſchaffene Seele niemanden gehorchen will, als dem Unterrichtenden, dem Lehrenden, oder dem um des gemeinen Beſten willen gerecht und rechtmäßig Befehlenden; und daraus entſpringt Seelengröße und Verachtung des Treibens der Welt.

Ueber das Studium der Naturwissenschaft.

Erster Theil.

Von der Natur und den Vortheilen des Studiums der physicalischen Wissenschaften im Allgemeinen.

Erstes Capitel.

Vom Menschen, betrachtet als ein mit Instinct, Vernunft und Speculation begabtes Geschöpf. — Allgemeiner Einfluß wissenschaftlicher Bestrebungen auf den Geist.

1) Die Lage des Menschen auf der Erdkugel, welche er bewohnt, und über welche er die Herrschaft erlangt hat, ist in vieler Hinsicht ausnehmend merkwürdig. Verglichen mit ihren anderen Bewohnern, scheint er, wenn wir bloß seine physische Constitution betrachten, in fast jeder Rücksicht unter ihnen zu stehen, und gleich unfähig zu sein zur Befriedigung seiner natürlichen Bedürfnisse, wie zu seiner Vertheidigung gegen die unzähligen Feinde, die ihn umgeben. Kein Thier bringt einen so großen Theil seines Daseins in einem Zustande gänzlicher Hülflosigkeit zu, oder fällt im späteren Alter in so langwierige und beklagenswerthe Schwäche. Keinem warmblütigen Thiere hat

die Natur jene unentbehrliche Bekleidung versagt, ohne welche die Wechsel eines gemäßigten und die Strenge eines kalten Climas gleich unerträglich sind; und kaum irgend einem hat sie so kärglich äußere Wehrmittel, sowohl zum Angriff, wie zur Vertheidigung, zugetheilt. Nicht begabt mit der Schnelligkeit, den Angriffen seiner gefräßigen Feinde zu entfliehen, oder mit Waffen dieselben zurückzutreiben; äußerst empfänglich für atmosphärische Einflüsse, und ungeeignet für die rohen Nahrungsmittel, welche die Erde, auch in gemäßigten Climaten, während zweier Drittheile des Jahrs hervorbringt, — würde der Mensch, wäre er bloßem Instinct überlassen, von allen Geschöpfen das verlassenste und elendeste sein. Von Furcht gequält und von Hunger gestachelt, zu den verächtlichsten Mitteln, sich vor seinen Feinden zu verbergen, und zu den feigsten Anschlägen zur Erhaschung und Vernichtung seiner edleren Beute getrieben, würde sein Dasein eine Folge von Handlungen der List und Schlauheit; seine Wohnung in Erdhöhlen, in Felsenspalten, oder in den Höhlungen der Bäume sein, und seine Nahrung aus Würmern und niedrigen Reptilien, oder aus solchen geringen und rohen Bodenerzeugnissen, die seine Organe zu assimiliren vermöchten, bestehen, wechselnd mit zufälligen von stärkeren Raubthieren verstümmelten, oder, bei deren reichlicherer Auswahl, verachteten Ueberbleibseln. Merkwürdig nur durch die Entbehrung jener Kräfte und Fähigkeiten, welche den Thieren einen Grad von Sicherheit und Ansehen verleihen, würde er von einigen verachtet, von anderen niedergetreten werden, bis nach wenigen Generationen seine Gattung gänzlich ausgerottet, oder, im besten Falle, auf einige Inseln in den tropischen Regionen beschränkt sein würde, wo die Wärme des Climas, die geringe Zahl der Feinde und der Ueberfluß an vegetabilischer Nahrung sein längeres Hinschmachten gestatten möchte.

2) Dennoch ist der Mensch unbestritten Herr der Schöpfung. Die stärksten und wildesten seiner Mitgeschöpfe, — der Wallfisch, der Elephant, der Adler und der Tiger, — werden von ihm geschlachtet zur Befriedigung seiner launenhaftesten Bedürfnisse, oder gezähmt zu seinem Dienst, oder eingesperrt zu seinem Scherz. Die Ausbeute der ganzen Natur, wie sie von Grube, Wald, Meer und Luft mit größerer oder geringerer Bereitwilligkeit dargeboten, oder unter Widerstreben erzwungen wird, wird täglich zu seinem gemeinsten Gebrauch von ihm in Anspruch genommen. Dieß sind die ersten Früchte der Vernunft. Wären sie die einzigen oder hauptsächlichsten, wären die bloße Erlangung von Gewalt über die Stoffe und die weniger begabten Thiere, die uns umgeben, und der daraus erfolgende Zuwachs unseres äußeren Wohlbefindens, so wie unsere Mittel zu unserer Erhaltung und zu sinnlichem Genuß die Summe der Vorzüge, welche der Besitz dieses Vermögens verleiht, so würden wir am Ende wenig stolz darauf sein dürfen. Aber dieß ist so wenig der Fall, daß ein jeder, der sein Leben in erträglicher Ruhe und Wohlfahrt zubringt, oder vielmehr dessen Zeit nicht ganz von ängstlicher Sorge für die nothwendigsten Lebensbedürfnisse ausgefüllt wird, sich gewisser anderer Bedürfnisse und Ansprüche bewußt ist, woran die Sinne keinen Antheil haben; einer Reihe von Leiden und Freuden, der Art nach gänzlich verschieden von allem, was die Erduldung körperlichen Elends oder die Befriedigung sinnlicher Begierden ihm jemals gewährt haben. Hat er diese Freuden und Leiden in einiger Stärke empfunden, so wird er bereitwillig zugeben, daß sie viel höheren Ranges sind, und viel mehr Aufmerksamkeit verdienen, als die der anderen Gattung. Unabhängig von den Freuden der Einbildung und Laune und von geselligem Umgange, ist der Mensch als ein speculatives Wesen gebil-

bet; er betrachtet die Welt und die Gegenstände um sich her nicht mit einem leidenden, gleichgültigen Staunen, als eine Reihe von Erscheinungen, bei denen er kein Interesse weiter hätte, als in sofern sie unmittelbar seine Lage berühren, und seinem Wohlbefinden förderlich gemacht werden können, sondern als ein mit Ordnung und Absicht zusammengefügtes Ganzes. Er billigt und bewundert in höchstem Maaße die Uebereinstimmung seiner Theile, die Kunstmäßigkeit und Wirksamkeit seiner Einrichtungen. Einige von diesen, die er am besten erforschen und verstehen kann, versucht er nachzuahmen, und findet, daß es bis zu einem gewissen Umfange, wenngleich in roher und unvollkommener Weise, gelingt; — bei anderen findet er, obgleich er die Natur der Einrichtung begreifen kann, sich doch von allen Mitteln zur Nachahmung gänzlich entblößt; — während bei noch anderen, und augenscheinlich den wichtigsten, ob er gleich die hervorgebrachte Wirkung sieht, doch die Mittel, wodurch sie erfolgt, seiner Kenntniß und seiner Gewalt gleich sehr entzogen sind. So wird er zu der Idee von einer Kraft und Intelligenz geleitet, die der seinigen überlegen und der Hervorbringung und Erhaltung alles dessen, was er in der Natur wahrnimmt, angemessen sind, — einer Kraft und Intelligenz, die er wohl unendlich nennen mag, weil er nicht nur keine wirkliche Grenze für die Erscheinungen, worin sie sich offenbaren, wahrnimmt, sondern vielmehr im Gegentheil findet, daß sie, je tiefer er untersucht, und je mehr er seinen Beobachtungskreis erweitert, zunehmend in immer größerer Fülle vor ihm erscheinen, und daß, so wie das Studium des Einen ihn fähig macht, ein Anderes zu verstehen und zu würdigen, Vollendung auf Vollendung, Wunder auf Wunder ihm entgegentritt, bis seine Geisteskräfte in Bewunderung verwirrt werden,

und sein Verstand in sich selbst versinkt, in äußerster Hoffnungslosigkeit, zu einem Ziele zu gelangen.

3) Wenn er von den äußeren Dingen seinen Blick auf sich selbst, auf seine eigenen geistigen und Lebensfähigkeiten lenkt, so findet er, daß er ein Vermögen besitzt, seine eigne Natur bis zu einem gewissen Grade, aber nicht weiter, zu untersuchen und zu erforschen. In seinem Körperbau bemerkt er eine Kraft, sich selbst und anderen Dingen einen gewissen mäßigen Betrag von Bewegung mitzutheilen, so wie, daß diese Kraft von seinem Willen abhängt, und daß ihre Aeußerung innerhalb gewisser Grenzen nach seinem Gefallen unterdrückt oder verstärkt werden kann. Wie aber sein Wille auf seine Glieder wirkt, ist ihm unbekannt; und woher ihm die Kraft, bis er so ausdrücht, kommt, darüber kann nichts ihm Gewißheit geben, wie sehr er auch es zu erkennen sich sehnen mag. Dazu belehren ihn seine Sinne hinsichtlich der äußeren Welt über eine Menge von Einzelnheiten, und er nimmt einen Apparat wahr, durch welchen Eindrücke von außen, gewissermaßen wie Signale, in sein Inneres und zuletzt nach seinem Gehirn fortgeleitet werden können, in welchem letzteren er, einem dunkeln Gefühle zufolge, specieller den Sitz seines denkenden, empfindenden und raisonnirenden Wesens, welches er sein Ich nennt, vermuthet. Auf welche Weise er aber dieser Eindrücke sich bewußt wird, und wie die unmittelbare Mittheilung zwischen diesem inneren empfindenden Wesen und jenem Mechanismus, seinem äußeren Menschen, beschaffen ist, davon hat er nicht die geringste Vorstellung.

4) Wenn er ferner aufmerksamer die Gedanken, Handlungen und Leidenschaften dieses seines empfindenden intelligenten Selbst betrachtet, so findet er zwar, daß er sich erinnern, und durch Hülfe seines Gedächtnisses vergleichen und unterscheiden, urtheilen und schließen kann, und

daß er vor allem unwiderstehlich angetrieben wird, aus der Wahrnehmung irgend einer Erscheinung außer ihm oder in ihm die Existenz von etwas Vorhergegangenem zu folgern, welches zu jener in der Beziehung einer Ursache steht, ohne welche sie nicht sein würde, und daß diese Kenntniß der Ursachen und ihrer Folgen es ist, was fast in allen vorkommenden Fällen seine Wahl und seinen Willen bestimmt, in Fällen, wo er nichts desto weniger der vollkommenen Freiheit, zu handeln oder nicht zu handeln, sich bewußt ist. Dazu findet er, daß es in seiner Gewalt steht, von den Ursachen und Wirkungen mehr oder weniger Kenntniß zu erlangen, je nach dem Grade der Aufmerksamkeit, den er darauf verwendet, welche Aufmerksamkeit wiederum großentheils ein freiwilliger Act ist; und oft, wenn seine Wahl nach einer unvollkommenen Kenntniß und ungenügenden Aufmerksamkeit getroffen worden, findet er Veranlassung, sein Urtheil zu verbessern, wenngleich vielleicht zu spät, als daß seine Entscheidung durch die spätere Ueberlegung eine Abänderung erleiden könnte. So ist in ihm selbst seinem intellectuellen Blick eine Welt geöffnet, reich an Erscheinungen und Beziehungen und vom höchsten unmittelbaren Interesse. Aber während er nicht umhin kann, wahrzunehmen, daß die Einsicht, welche er in den inneren Kreis seiner Gedanken und Gefühle zu gewinnen fähig ist, in der That die Quelle aller seiner Macht, der wahre Ursprung seines Uebergewichts über die äußere Natur ist, so fühlt er doch, daß er nur sehr unvollkommen in diese Tiefen seines eignen Wesens einzudringen und die Operationen seines Geistes zu erforschen vermag, kurz er erkennt in diesen, wie in allen anderen Dingen, daß nur eine trübe Weisheit sein Theil ist; er sieht, daß alles, zu dessen Entdeckung durch eigne, oder zu dessen Erkenntniß durch Benutzung fremder Forschung der kräftigste Verstand ihm Kraft

und das längste Leben ihm Zeit verleihen mag, doch nur dazu dient, ihn an die wahre Grenze des Wissens zu versetzen, und ihm den fernen Schimmer jenseits liegender unbegrenzter Reiche zu zeigen, wohin kein menschlicher Gedanke gedrungen ist, welche jedoch, wie er dessen gewiß ist, nicht minder vollkommen als die begreiflichsten Wahrheiten, die er täglich zu seinen geringfügigsten Zwecken anwendet, derjenigen Intelligenz bekannt sein müssen, deren Spuren er durch die ganze Schöpfung verfolgt. Ist es zu verwundern, daß ein so beschaffenes Wesen zuerst die Hoffnung schöpfen, und allmählig als Gewißheit anerkennen wird, daß seine geistige Existenz nicht mit der Auflösung seiner körperlichen Hülle erlöschen werde, sondern daß er vielmehr in einem künftigen Zustande des Seins, unbelastet von tausend Hindernissen, welche in seiner jetzigen Lage auf seinen Weg geworfen sind, und ausgerüstet mit schärferen Sinnen und höheren Fähigkeiten, tief aus jener Quelle beseligender Erkenntniß trinken werde, nach welcher der geringe auf Erden ihm zu Theil gewordene Vorschmack einen so brennenden Durst in ihm erregt hat?

5) Nichts kann daher unbegründeter sein, als der Vorwurf, welcher früherhin von vielleicht wohlmeinenden, gewiß aber geistig beschränkten Personen dem Studium der Naturwissenschaft und in der That aller Wissenschaft gemacht worden ist, — daß es nämlich bei seinen Pflegern ein ungehöriges und dünkelvolles Selbstgefallen unterhalte, und sie dahin führe, an der Unsterblichkeit der Seele zu zweifeln, und der geoffenbarten Religion zu spotten. Seine natürliche Wirkung auf jedes gutgeartete Gemüth ist, wie wir zuversichtlich behaupten können, gerade das Gegentheil und muß es sein. Kein Zweifel — das Zeugniß natürlicher Gründe, wozu sonst immer gebraucht, muß nothwendig bei solchen Wahrheiten zurücktreten, welche den Ge-

genstand der Offenbarung ausmachen; aber indem jenes Studium das Dasein und die vorzüglichsten Eigenschaften der Gottheit so fest begründet, daß Zweifel ungereimt und Unglaube lächerlich wird, stellt es zuverlässig kein natürliches oder nothwendiges Hinderniß ferneren Fortschritten entgegen: im Gegentheil, weil es als Lebensprincip einen unbegrenzten Forschungsgeist und eine sehnsuchtsvolle Erwartung unterhält, entfesselt es den Geist von Vorurtheilen jeder Art, und läßt ihn für jeden Eindruck einer höheren Natur, dessen er fähig ist, offen und frei, indem es nur vor Enthusiasmus und Selbsttäuschung durch eine Gewöhnung an strenge Untersuchung schützt, aber zu allem, was eine Aussicht oder Hoffnung über den jetzigen dunkeln und unbefriedigenden Zustand hinaus darbieten kann, eher aufmuntert, als es unterdrückt. Einem wahren Naturforscher ist es eigen, zu hoffen, daß kein Ding unmöglich, und zu glauben, daß kein Ding unvernünftig sei. Wer es gesehen hat, wie anscheinend undurchdringliche Dunkelheiten in den physischen und mathematischen Wissenschaften plötzlich zerstreut, und die unfruchtbarsten und wenigst versprechenden Gebiete der Forschung, gleichsam durch Inspiration, in reiche und unerschöpfliche Quellen der Erkenntniß und Macht bloß durch eine einfache Veränderung des Gesichtspuncts, oder durch Anwendung irgend eines nie vorher versuchten Princips auf sie verwandelt wurden, — wird sicher der letzte sein, der sich bei irgend welchen entmuthigenden Aussichten für die jetzigen oder zukünftigen Schicksale der Menschen beruhigen könnte; während auf der anderen Seite der unbeschränkte Anblick sowohl intellectueller und moralischer, als auch materieller Beziehungen, welcher sich ihm auf allen Seiten im Fortgange dieser Bestrebungen eröffnet, die Kenntniß der unbedeutenden Stelle, die er in der Stufenfolge der Schöpfung einnimmt, und das beständig ihm auf-

gedrungene Gefühl seiner eigenen Schwäche, so wie der Unfähigkeit, in dem großen Mechanismus, den er um sich her in Bewegung sieht, auch nur die geringste Bewegung aufzuheben oder abzuändern, ihn in der That überzeugen muß, daß anspruchlose Demuth nicht weniger, als zuversichtliche Hoffnung am meisten seinem Character geziemen.

6) Aber während wir so das Studium der Naturwissenschaft von einem Vorwurf befreien, welcher einst, wegen der Hartnäckigkeit und Bitterkeit, womit er vorgebracht wurde, furchtbar war, und welcher noch immer gelegentlich zum Mißfallen und Leidwesen jedes gut gearteten Gemüths geäußert wird, müssen wir Sorge tragen, daß das Zeugniß, welches der Religion von der Wissenschaft gewährt wird, sein Umfang oder Werth sei, welcher er wolle, wenigstens unabhängig, vorurtheilsfrei und freiwillig sei. Wir wollen hier nicht auf solche Vernünftler hinweisen, welche die ganze Natur ihren kleinlichen Auslegungen dunkler und schwieriger Stellen der heiligen Schrift anpassen wollen: solch ein Verfahren mag den Verfolgern von Galilei und anderen Fanatikern des funfzehnten und sechszehnten Jahrhunderts anstehen, kann aber im gegenwärtigen Zeitalter nur von Träumern befolgt werden. Aber auch hiervon abgesehen findet man nicht selten Personen, welche, obgleich ernstlich der Wissenschaft zugethan und ängstlich für ihre Beförderung besorgt, dennoch eine kränkliche Empfindlichkeit in Puncten dieser Art bezeigen, — welche frohlocken und Beifall äußern, wenn irgend eine Thatsache (ihrer Meinung nach) die Erklärung einer Andeutung in der Schrift hervorruft, und welche sich gequält und getäuscht fühlen, wenn der allgemeine Entdeckungsgang in irgend einem Theile der Wissenschaft sich weit von den Begriffen entfernt, welche sie aus besonderen Stellen in der Bibel geschöpft haben mögen. Für Personen von solcher Geistesbeschaffenheit muß

die Bemerkung genügen, daß einerseits Wahrheit niemals der Wahrheit entgegengesetzt sein kann, und daß andererseits Irrthum nur durch tiefes Forschen und durch ein Vordringen bis zu seiner Quelle wirklich vernichtet werden kann. Nichtsdestoweniger wäre es sehr zu wünschen, daß solche Personen, achtungswürdig und ausgezeichnet, wie sie meistentheils sind, ehe sie das Gewicht ihres Beifalls oder Mißfallens aus solchen Gründen in die Schaale wissenschaftlicher Meinung legen, bedenken möchten, daß erstens die Glaubwürdigkeit und Achtungswürdigkeit einer jeden Evidenz durch ein Haschen nach ihrer Anständigkeit leicht zerstört werden kann, und daß zweitens eben diese Verfassung des Geistes ein lauerndes Mißtrauen in seine eignen Principien enthält, da das große und in der That einzige Merkmal der Wahrheit in ihrer Fähigkeit besteht, die Probe allgemeiner Erfahrung auszuhalten, und aus jeder möglichen Form redlicher Erörterung unverändert hervorzugehen.

7) Aber wenn die Wissenschaft erniedrigt wird, indem man sie als der Religion entgegengesetzt darstellt, oder sie, zufolge irriger Begriffe von der Gefahr freier Forschung, in Fesseln legt, so kann sie auch noch auf eine andere Weise von ihrer angeborenen Würde herabgezogen werden, und zwar dadurch, daß man sie als eine bloße Zugabe und Schaffnerin für unsere unmäßigen Begierden betrachtet. Die Frage: »cui bono?« nach welchem practischen Zweck und Vortheil streben Eure Untersuchungen? ist eine solche, die der speculative Naturforscher, welcher Erkenntniß ihrer selbst wegen liebt, und sich an der bloßen Betrachtung übereinstimmender und gegenseitig von einander abhängiger Wahrheiten so, wie ein vernünftiges Wesen es soll, erfreut, selten ohne ein Gefühl von Demüthigung hören kann. Er fühlt, daß eine hohe und uneigennützige

Freude in seinen Speculationen liegt, welche sie solchen Fragen entziehen müsse. Da sie seinem eignen Geiste das reinste Glück (nach der Ausübung wohlwollender und sittlicher Gefühle), dessen die menschliche Natur fähig ist, gewähren und niemand zu verletzen streben, so kann er eben dieses sicherlich als hinreichende und directe Erwiderung denen antworten, welche, selbst mit wenig Fähigkeit und Geschmack für intellectuelle Bestrebungen begabt, sich darin gefallen, beständig diese Frage an ihn zu wiederholen. Aber wenn er es über sich vermag, von diesem hohen und schönen Standpuncte herabzusteigen, und in den Augen derer, die ihn umgeben, sich selbst, seine Bestrebungen und seine Freuden zu rechtfertigen, so darf er nur auf die Geschichte aller Wissenschaft verweisen, da die scheinbar nutzlosesten Speculationen fast unveränderlich solche gewesen sind, aus denen die größten practischen Anwendungen hervorgegangen sind. Was z. B. kann dem Anschein nach nutzloser sein, als die trocknen Speculationen der alten Geometer über die Eigenschaften der Kegelschnitte, oder als die Träume Keppler's (wie sie seinen Zeitgenossen ganz natürlich erscheinen mußten) über die numerischen Harmonien des Weltalls? Und doch sind diese die Stufen, auf denen wir zu einer Erkenntniß der elliptischen Bewegungen der Planeten und des Gesetzes der Gravitation, mit allen seinen glänzenden theoretischen Folgerungen und unschätzbaren practischen Resultaten, emporgestiegen sind. Das Lächerliche, welches zu Hooke's Zeit den Schwingschwangs *) anhieng, konnte ihn nicht abhalten, den Vorschlag zum Gebrauche des Pendels als eines Grundmaaßes zu erneuern, der seitdem durch das Genie und die Ausdauer von Capitain Kater so erfolgreich zur Ausführung gebracht worden ist; — eben so wenig wirkte das, was Boyle bei seinen Un-

*) Hooke's nachgelassene Werke. Lond. 1705. — S. 472 u. 458.

terſuchungen über die Elaſticität und den Druck der Luft begegnete, irgend dem Entdeckungszuge entgegen, welcher mit der Dampfmaſchine endigte. Die Träume der Alchemiſten führten ſie auf den Weg des Experiments, und lenkten die Aufmerkſamkeit auf die Wunder der Chemie, während ſie ihren Sachwaltern (wie nicht geleugnet werden kann) verdiente Verachtung und Verderben zuzogen. Aber in dieſem Falle war es moraliſche Verſunkenheit, welche dem Lächerlichen ein Gewicht und eine Kraft verlieh, die ihm nicht nothwendig oder natürlich zukommen. Es waren aber unter den Alchemiſten Männer von höherem Geiſte, welche überlegten, indem ſie arbeiteten, und, nicht zufrieden, immer im Dunkeln zu tappen und auf ihren Gegenſtand blind zuzufahren, ſorgfältig durch Erforſchung der Natur ihrer Agentien nach Führern in ihren Unternehmungen ſuchten; — dieſen verdanken wir die Schöpfung der Erfahrungs-Naturlehre.

8) Es iſt jedoch bei dem oben Geſagten nicht die Meinung zu behaupten, daß in der ſpeculativen Naturwiſſenſchaft kein Ding als groß oder klein zu betrachten ſei, oder die Auflöſung eines Räthſels mit der Entwickelung eines Naturgeſetzes in gleiche Linie zu ſtellen, noch weniger die flache Definition Smith's *) anzunehmen, daß ein Naturforſcher eine Perſon ſei, deren Gewerbe darin beſtehe, nichts zu thun und über jedes Ding zu ſpeculiren. Die Speculationen des Naturforſchers haben, wie ſehr ſie ihn auch für eine Zeitlang von gebahnten Wegen und von alltäglichen Zwecken entfernen mögen, dennoch alle, da ſie ſich auf Realitäten in der Natur gründen, eine practiſche Anwendung; — noch mehr, ſolche Anwendungen bilden die wahren Kennzeichen ihrer Wahrheit, ſie verſchaffen die bequemſten und vollſtändigſten Beſtätigungen ſeiner Theorien.

*) Wealth of Nations, Buch 1. Cap. 1. S. 15.

— Bestätigungen, welche er eben so wenig zu versuchen versäumen wird, als ein Arithmetiker seine Summen der Probe zu unterwerfen, oder ein vorsichtiger Geometer seine allgemeinen Lehrsätze an besonderen Fällen zu prüfen unterlassen könnte *).

9) Dessenungeachtet muß man zugeben, daß bei Personen, die mit der Wissenschaft unbekannt und nicht geübt sind, die wechselseitige Abhängigkeit ihrer verschiedenen Zweige zu betrachten, das rasche Hervortreten mit dieser Frage nach directem Vortheil weder etwas unnatürliches, noch gänzlich tadelnswerthes enthält. Es wird einige Gewöhnung an Abstraction, einige Durchdringung des Geistes mit einer Tinctur wissenschaftlicher Forschung, einige Ueberzeugung von dem Werthe jener schätzbaren Principien, welche in den gemeinsten und unansehnlichsten Thatsachen verborgen liegen, — einige Uebung endlich darin, sie mit Erfolg zu entwickeln und zur Evidenz zu bringen, sie in bestimmte Ausdrücke zu fassen, und sie zur Erklärung an-

*) Bei dieser Veranlassung können wir nicht unterlassen, die Aeußerung eines der tiefsten und zugleich populärsten Schriftsteller unserer Zeit über einen Gegenstand anzuführen, der zwar mit dem unsrigen keinen Zusammenhang hat, aber stark auf den vorliegenden Punct hinweist: »Wenn aber die Wissenschaft offenbar unvollständig und doch von höchster Wichtigkeit ist, so würde es sicherlich höchst unweise sein, eine nach richtigen Grundsätzen geleitete Forschung zu unterdrücken, selbst wenn ihr unmittelbarer practischer Nutzen nicht sichtbar wäre. Wie vielfach sind in der Mathematik, der Chemie und jedem Zweige der Naturwissenschaft die zu ihrer Beförderung und Vervollkommnung nöthigen Untersuchungen, welche, einzeln genommen, nicht zu irgend einem besonders vortheilhaften Zweck zu führen scheinen! wie viele nützliche Erfindungen, wie viele werthvolle und veredelnde Kenntnisse würden verloren sein, wenn nicht eine vernünftige Neugierde und das bloße Verlangen nach Belehrung allgemein als genügende Motive zum Suchen nach Wahrheit anerkannt wären!« — Malthus's Principles of Political Economy, p. 16.

derer Thatsachen von minder gewöhnlichem Character, oder zur Erreichung offenbar nützlicher Zwecke anzuwenden, dazu erfordert, den Geist von dieser Tendenz, sich plötzlich auf seinen Gegenstand zu stürzen, mit Ueberschätzung des Zwecks die Mittel herabzuwürdigen, und während des zu geflissentlichen Hinstarrens nach dem allein für wünschenswerth von ihm gehaltenen Ziele den Reichthum und die Mannigfaltigkeit der Aussichten aus dem Gesichte zu verlieren, die sich ihm an jeder Seite des Weges darbieten, — zu befreien.

10) Wir müssen nie vergessen, daß Principien, nicht Phänomene, — Gesetze, nicht isolirte unabhängige Thatsachen, — die Gegenstände der Untersuchungen des Naturforschers ausmachen. Da die Wahrheit einfach und selbständig ist, so kann ein Princip eben so vollständig und deutlich durch die gewöhnlichste und einfachste Thatsache, als durch die auffallendste und ungewöhnlichste Erscheinung erläutert werden. Die Farben, welche auf einer Seifenblase glänzen, sind eine unmittelbare Folge eines Princips, welches hinsichtlich der Mannigfaltigkeit der Erscheinungen, die es erklärt, zu den wichtigsten, und hinsichtlich seiner Einfachheit und compendiösen Zierlichkeit zu den schönsten im ganzen Gebiete der Optik gehört. Wenn die Natur periodischer Farben durch die Betrachtung eines so trivialen Gegenstandes verständlich gemacht werden kann, so erscheint dieser von dem Augenblick an einer richtigen Würdigung als ein edles Werkzeug; und eine große, regelmäßige und dauerhafte Seifenblase zu bilden, kann zu einer ernsthaften und preiswürdigen Bemühung eines Weisen werden, während kleinere Kinder umherstehen und spotten, oder größere in Verwunderung über eine solche Verschwendung von Zeit und Mühe ihre Hände aufheben. Dem Naturforscher ist kein natürlicher Gegenstand unwichtig und geringfügig. Von dem kleinsten Werke der Natur kann er die größte

Lehre empfangen. Der Fall eines Apfels auf den Boden kann seine Gedanken zu den Gesetzen hinaufleiten, welche die Bewegungen der Planeten in ihren Bahnen beherrschen; die Lagerstätte eines Kiesels kann ihm Nachweisung geben über den Zustand der von ihm bewohnten Erdkugel, Myriaden von Zeitaltern vorher, ehe sein Geschlecht auf ihr eingebürgert wurde.

Und dieß ist in der That eine der reichen Quellen der Freude, welche das Studium der Naturwissenschaft seinen Geweihten öffnet. Wer einmal einen Geschmack an wissenschaftlicher Forschung in sich aufgenommen, und ihre Principien auf vorkommende Fälle leicht anzuwenden gelernt hat, besitzt in sich selbst eine unerschöpfliche Quelle reiner und belebender Betrachtungen: — man möchte glauben, daß Shakspeare einen solchen Geist im Sinne hatte, als er einen Tiefdenkenden beschrieb, welcher findet

»Zungen in Bäumen — Bücher im rinnenden Bach —
Reden in Steinen — und Gutes in jedem Ding.«

Gewöhnt, die Wirksamkeit allgemeiner Ursachen und das Auftreten allgemeiner Gesetze unter Umständen zu erspähen, wo das ungelehrte und nicht forschende Auge weder Neues, noch Schönes sieht, wandelt er mitten unter Wundern; jeder Gegenstand auf seinem Wege erläutert ihm irgend ein Princip, verschafft ihm Belehrung, und erfüllt ihn mit einem Gefühl von Harmonie und Ordnung. Auch ist es keine bloß passive Freude, die ihm so zu Theil wird. Tausend Fragen erheben sich beständig in seiner Seele, tausend Gegenstände der Forschung bieten sich ihm dar, welche seine Fähigkeiten beständig in Uebung und seine Gedanken immerwährend im Schwunge erhalten, so daß Langeweile von seinem Leben ausgeschlossen, und jene Sucht nach künstlicher Aufregung und Zerstreuung des Geistes, welche so Manche

zu leichtsinnigem, unwürdigem und verderblichem Streben führt, aus seinem Busen gänzlich vertilgt wird.

12) Es ist keiner der geringsten Vortheile dieser Bestrebungen, welchen sie jedoch mit allen Arten intellectueller Freuden gemein haben, daß sie sämmtlich von äußeren Umständen unabhängig sind, und in jeder Lage des Lebens, in welche der Mensch versetzt werden mag, genossen werden können. Die höchsten Grade irdischen Glückes sind mit ihnen so wenig unverträglich, daß sie vielmehr neue Hülfsmittel zu dessen Verfolgung und jene Art frischen und belebten Geschmacks verschaffen, welche theils aus dem Gefühle des Contrasts, theils aus der Erfahrung des besonderen Vorzuges entspringt, den sie über die Freuden der Sinne dadurch besitzen, daß sie einer unbegrenzten Erweiterung und einer beständigen Wiederholung, ohne Sättigung oder Ueberdruß zu bringen, fähig sind. Dazu können sie in den Zwischenräumen des lebhaftesten Geschäfts genossen werden, und die Ruhe und das leidenschaftlose Interesse, womit sie das Gemüth erfüllen, machen sie zu einer reizenden Erholung von dem Treiben und den Widerwärtigkeiten der Welt, so wie von dem Streite der Leidenschaften, der Vorurtheile und des Eigennutzes, worin der Geschäftsmann sich beständig verflochten sieht. Es ist Etwas in der Betrachtung allgemeiner Gesetze, das uns mächtig antreibt, das persönliche Gefühl zu unterdrücken, und uns ohne Zurückhaltung ihren Fügungen zu überlassen, während die Betrachtung der ruhigen und energischen Regelmäßigkeit der Natur, des ungeheuren Maaßstabes ihrer Operationen und der Sicherheit, womit sie ihre Zwecke erreicht, unwiderstehlich dahin führt, die Seele zu beruhigen, zu stärken, und reuebringenden, selbstsüchtigen und stürmischen Regungen weniger zugänglich zu machen. Und das bewirkt sie nicht dadurch, daß sie unsere Natur zu schwachem Fügen und

verächtlicher Unterwerfung unter die Umstände erniedrigt, sondern dadurch, daß sie uns, wie aus einer inneren Quelle, mit einem Gefühl von Adel und Kraft erfüllt, welches uns fähig macht, uns über jene zu erheben; daß sie uns unsere Stärke und angeborene Würde zeigt, und uns zur Ausübung derjenigen Kräfte und Fähigkeiten auffordert, durch welche wir so viel Größe zu fassen empfänglich werden, und welche gleichsam ein Glied zwischen uns und den besten und edelsten Wohlthätern unsers Geschlechts bilden, mit denen wir eine Gemeinschaft in Gedanken unterhalten, und an den Entdeckungen theilnehmen, welche sie über andere Sterbliche erhoben und ihrem Schöpfer näher gebracht haben.

Zweites Capitel.

Von der abstracten Wissenschaft als einer Vorbereitung zum Studium der Physik. — Eine tiefe Bekanntschaft mit ihr nicht unumgänglich nöthig zu einem klaren Verständniß physicalischer Gesetze. — Wie eine Ueberzeugung von ihrer Wahrheit ohne jene erlangt werden kann. — Beispiele. — Weitere Eintheilung des Gegenstandes.

---

13) Wissenschaft ist die Kenntniß von Vielem, zweckmäßig und methodisch behandelt und geordnet, so daß sie jemanden erreichbar wird. Die Kenntniß der Gründe und ihrer Folgerungen bildet die abstracte Wissen-

schaft, die Kenntniß der Ursachen und ihrer Wirkungen und der Naturgesetze die Naturwissenschaft.

14) Die abstracte Wissenschaft ist unabhängig von einem Natursystem, — einer Schöpfung, — kurz von allen Dingen, außer Gedächtniß, Denkkraft und Vernunft. Ihre Gegenstände sind erstens jene primären Existenzen und Beziehungen, die wir als nicht vorhanden uns gar nicht denken können, wie Raum, Zeit, Zahl, Ordnung u. s. w.; und zweitens jene künstlichen Formen oder Symbole, welche der Gedanke die Kraft hat aus sich selbst nach Gefallen zu erschaffen, und durch Hülfe des Gedächtnisses den Combinationen jener primären Gegenstände und seiner eigenen Conceptionen als Repräsentanten zu substituiren, — entweder um den Act des Raisonnements über sie zu erleichtern, oder als passende Depositа seiner eigenen Schlüsse, oder behuf ihrer Mittheilung an Andere. Solche sind: erstens die Sprache, sowohl die mündliche, als die geschriebene, ihre üblichen Formen, welche die Grammatik ausmachen, und die Regeln für ihren Gebrauch zum Beweisen, worin die Logik der Schulen besteht; zweitens die Zeichenschrift, welche auf die Zahl angewandt, Arithmetik, — auf die allgemeineren Beziehungen abstracter Größe oder Ordnung angewandt, Algebra ist; und drittens jene höhere Gattung der Logik, welche uns lehrt, unsere Vernunft auf die vortheilhafteste Weise zur Entdeckung der Wahrheit zu gebrauchen; welche die Merkmale angiebt, durch die wir uns sichern können, sie erreicht zu haben; und welche, indem sie die Quellen des Irrthums aufdeckt, und die Schlupfwinkel öffnet, worin Täuschungen aufzulauern pflegen, uns zugleich vor der Gefahr vor ihnen warnt, und uns zeigt, wie wir ihnen entgehen können. Diese höhere Logik kann die rationelle, jene niedere aber, welche sich

nur mit Worten beschäftigt, zur Unterscheidung die verbale genannt werden.

15) Ein gewisser mäßiger Grad von Bekanntschaft mit der abstracten Wissenschaft ist höchst erwünscht für einen Jeden, der irgend beträchtliche Fortschritte in der Physik zu machen wünscht. Da das Weltall in Zeit und Ort existirt, und da Bewegung, Geschwindigkeit, Größe, Zahl und Ordnung die wichtigsten Elemente für unsere Kenntniß der äußeren Dinge und ihrer Veränderungen sind, so muß eine Bekanntschaft mit diesen in abstracter Weise (d. h. unabhängig von der Betrachtung der besonderen bewegten, gemessenen, gezählten, oder geordneten Dinge) augenscheinlich eine nützliche Vorbereitung zu dem verwickeltern Studium der Natur sein. Aber es giebt noch eine andere Empfehlung für solche Wissenschaften, als eine Vorbereitung zum Studium der Naturlehre. Ihre Gegenstände sind so bestimmt, und unsere Begriffe von diesen so scharf unterschieden, daß wir über sie mit Zuverlässigkeit raisonniren können, daß die in unserem Raisonnement gebrauchten Worte und Zeichen vollständige und treue Repräsentanten der zu bezeichnenden Dinge sind, und daß wir folglich, wenn wir Worte oder Zeichen zur Beweisführung gebrauchen, dadurch weder fremdartige Begriffe einführen, noch irgend einen Theil des vorliegenden Falles von der Betrachtung ausschließen. Zum Beispiel: die Worte Raum, Quadrat, Kreis, Hundert u. s. w. übertragen in die Seele Begriffe, die in sich selbst so vollständig und von jedem anderen Dinge so bestimmt unterschieden sind, daß wir, wenn wir sie gebrauchen, sicher sind, das Ganze unserer eigenen Meinung zu kennen und vor Augen zu haben. Ganz anders ist es mit Worten, welche natürliche Gegenstände und gemischte Beziehungen ausdrücken. Nehmen wir z. B. Eisen. Verschiedene Personen verbinden mit diesem Worte

schaft, die Kenntniß der Ursachen und ihrer Wirkungen und der Naturgesetze die Naturwissenschaft.

14) Die abstracte Wissenschaft ist unabhängig von einem Natursystem, — einer Schöpfung, — kurz von allen Dingen, außer Gedächtniß, Denkkraft und Vernunft. Ihre Gegenstände sind erstens jene primären Existenzen und Beziehungen, die wir als nicht vorhanden uns gar nicht denken können, wie Raum, Zeit, Zahl, Ordnung u. s. w.; und zweitens jene künstlichen Formen oder Symbole, welche der Gedanke die Kraft hat aus sich selbst nach Gefallen zu erschaffen, und durch Hülfe des Gedächtnisses den Combinationen jener primären Gegenstände und seiner eigenen Conceptionen als Repräsentanten zu substituiren, — entweder um den Act des Raisonnements über sie zu erleichtern, oder als passende Depositа seiner eigenen Schlüsse, oder behuf ihrer Mittheilung an Andere. Solche sind: erstens die Sprache, sowohl die mündliche, als die geschriebene, ihre üblichen Formen, welche die Grammatik ausmachen, und die Regeln für ihren Gebrauch zum Beweisen, worin die Logik der Schulen besteht; zweitens die Zeichenschrift, welche auf die Zahl angewandt, Arithmetik, — auf die allgemeineren Beziehungen abstracter Größe oder Ordnung angewandt, Algebra ist; und drittens jene höhere Gattung der Logik, welche uns lehrt, unsere Vernunft auf die vortheilhafteste Weise zur Entdeckung der Wahrheit zu gebrauchen; welche die Merkmale angiebt, durch die wir uns sichern können, sie erreicht zu haben; und welche, indem sie die Quellen des Irrthums aufdeckt, und die Schlupfwinkel öffnet, worin Täuschungen aufzulauern pflegen, uns zugleich vor der Gefahr vor ihnen warnt, und uns zeigt, wie wir ihnen entgehen können. Diese höhere Logik kann die rationelle, jene niedere aber, welche sich

nur mit Worten beschäftigt, zur Unterscheidung die verbale genannt werden.

15) Ein gewisser mäßiger Grad von Bekanntschaft mit der abstracten Wissenschaft ist höchst erwünscht für einen Jeden, der irgend beträchtliche Fortschritte in der Physik zu machen wünscht. Da das Weltall in Zeit und Ort existirt, und da Bewegung, Geschwindigkeit, Größe, Zahl und Ordnung die wichtigsten Elemente für unsere Kenntniß der äußeren Dinge und ihrer Veränderungen sind, so muß eine Bekanntschaft mit diesen in abstracter Weise (d. h. unabhängig von der Betrachtung der besonderen bewegten, gemessenen, gezählten, oder geordneten Dinge) augenscheinlich eine nützliche Vorbereitung zu dem verwickeltern Studium der Natur sein. Aber es giebt noch eine andere Empfehlung für solche Wissenschaften, als eine Vorbereitung zum Studium der Naturlehre. Ihre Gegenstände sind so bestimmt, und unsere Begriffe von diesen so scharf unterschieden, daß wir über sie mit Zuverlässigkeit raisonniren können, daß die in unserem Raisonnement gebrauchten Worte und Zeichen vollständige und treue Repräsentanten der zu bezeichnenden Dinge sind, und daß wir folglich, wenn wir Worte oder Zeichen zur Beweisführung gebrauchen, dadurch weder fremdartige Begriffe einführen, noch irgend einen Theil des vorliegenden Falles von der Betrachtung ausschließen. Zum Beispiel: die Worte Raum, Quadrat, Kreis, Hundert u. s. w. übertragen in die Seele Begriffe, die in sich selbst so vollständig und von jedem anderen Dinge so bestimmt unterschieden sind, daß wir, wenn wir sie gebrauchen, sicher sind, das Ganze unserer eigenen Meinung zu kennen und vor Augen zu haben. Ganz anders ist es mit Worten, welche natürliche Gegenstände und gemischte Beziehungen ausdrücken. Nehmen wir z. B. Eisen. Verschiedene Personen verbinden mit diesem Worte

sehr verschiedene Ideen. Wer nie von Magnetismus gehört hat, hat vom Eisen einen ganz anderen Begriff, als wer sich im entgegengesetzten Falle befindet. Der gemeine Mann, der dieses Metall für unverbrennlich hält, und der Chemiker, der es mit der äußersten Heftigkeit verbrennen sieht, und noch andere Gründe hat, es für einen der verbrennlichsten Körper in der Natur zu halten; — der Dichter, der es als ein Bild der Härte gebraucht, und der Schmied und Mechaniker, in deren Händen es plastisch ist und wie Wachs in jede mögliche Form gebracht wird; — der Kerkermeister, der es als ein Sperrmittel lobt, und der Electriker, der in ihm nur einen Canal freier Communication sieht, vermittelst dessen das in ihm eingeschlossene Fluidum das undurchdringlichste Hinderniß, die Luft, durchlaufen kann, — sie alle haben verschiedene, und alle unvollkommene Begriffe von demselben Worte. Die Bedeutung eines solchen Ausdrucks gleicht einem Regenbogen, — jeder sieht einen andern, und alle behaupten, es sei derselbe. So verhält es sich fast mit allen unsern Ausdrücken für sinnliche Gegenstände. Einige sind unbestimmt, wie hart oder weich, leicht oder schwer (Ausdrücke, die zugleich die Quellen unzähliger Irrthümer und Widersprüche sind); andere sind ausnehmend zusammengesetzt, als Mensch, Leben, Instinct. Was aber das Schlimmste ist: manche, ja sogar die meisten, haben zwei oder drei Bedeutungen, verschieden genug von einander, um einen Satz in dem einen Sinne wahr, in dem andern falsch, oder gar in beiden falsch zu machen, und doch wieder nicht verschieden genug, um ihre Verwechselung in dem Ideengange, durch welchen wir zu ihnen gelangt sind, zu verhüten, oder uns in den Stand zu setzen, unmittelbar den Irrthum zu erkennen, wenn wir durch eine Gedankenfolge darauf geführt werden, in welcher wir jeden Schritt geprüft und gebilligt zu haben

meinen. Sicherlich handeln diejenigen, welche so einem Worte einen zwiefachen Sinn beilegen, oder einer älteren Bedeutung eine neue hinzufügen, eben so ungereimt, als Colonisten, welche über die Welt sich verbreitend, jedem neuen Orte, den sie erreichen, den Namen dessen geben, den sie verlassen haben, bis alle Unterscheidungen in der geographischen Nomenclatur verwischt und wir außer Stande sind, zu entscheiden, ob irgend ein Ereigniß, das z. B. als zu Windsor eingetreten angegeben wird, in Europa, America oder Australien statt gefunden hat *).

16) In der That müssen wir in dieser doppelten oder unvollständigen Bedeutung der Worte den Ursprung eines sehr großen Theils der Irrthümer, in die wir fallen, suchen. Indem nun das Studium der abstracten Wissenschaften, wie der Arithmetik, Geometrie, Algebra u. s. w., uns ein weites Feld zur Uebung unsers Nachdenkens über Gegenstände eröffnet, welche außerhalb uns sind, oder wenigstens so aufgefaßt werden können, als wären sie es, gewöhnt es uns, da es von jenen Irrthums- und Fehlerquellen frei ist, an den strengen Gebrauch der Sprache als eines Werkzeuges der Vernunft, und indem es bei unserem Fortschreiten zur Wahrheit es uns leicht macht, geraden Weges auf festem Grunde vorwärts zu gehen, verleiht es uns die eigenthümliche und würdige Geistesrichtung, welche nie erlangt werden kann, wenn wir immer unsere Tritte zwischen Hindernissen und zerstreuten Bruchstücken einzuzwängen, oder in dem schwankenden Sturme streitender Meinungen festzustellen haben.

17) Aber auch noch aus einem andern Gesichtspuncte

*) Es wäre zu wünschen, daß Seefahrer in dieser Beziehung vorsichtiger sein möchten. Ein flüchtiger Blick auf eine Weltcharte zeigt uns drei Melville-Inseln, zwei König Georgs-Sunde, und unzählige Cap Blanco's.

erscheint einige Bekanntschaft mit den abstracten Wissenschaften als höchst wünschenswerth, wenn nicht als unerläßlich nothwendig in der allgemeinen Erziehung, nämlich um uns den Unterschied zwischen strengem und vagem Raisonnement einzuprägen, uns zu zeigen, was Demonstration eigentlich ist, und uns demnach ein volles und tiefes Gefühl von der Natur und Stärke der Evidenz zu geben, auf welcher unsere Kenntniß von dem bestehenden Natursysteme und den Gesetzen der Naturerscheinungen beruht. Für diesen Zweck jedoch genügt eine sehr mäßige Bekanntschaft mit den mehr elementaren Zweigen der Mathematik. Die Kette liegt vor uns, und wir können jedes Glied derselben einer unbeschränkten Prüfung unterwerfen, wenn wir Geduld und Neigung haben, so ins Einzelne zu gehen. Hunderte sind ihrem Zuge gefolgt, und werden dieß ferner thun; für die Mehrzahl der Menschen aber genügt es, sich von der Festigkeit und unauflöslichen Verbindung ihrer Materialien und von den schwächsten sowohl, als stärksten Bestandtheilen derselben zu überzeugen. Wenn wir uns aber mit dieser allgemeinen Ansicht der Sache begnügen, so müssen wir auch damit zufrieden sein, jede Folgerung, welche nicht unseren Sinnen einleuchtend gemacht werden kann, auf Glauben, d. i. auf die Autorität derer, welche tiefer geforscht haben, anzunehmen. Nun giebt es aber unter jenen viele so wahrhaft überraschende, in der That scheinbar übertriebene, daß es einem forschenden Geiste ganz unmöglich ist, sich mit einer Begründung derselben durch bloßes Hörensagen zu begnügen, — wir fühlen uns unwiderstehlich getrieben, ihre Wahrheit näher zu untersuchen. Wie wird jemand einer bloßen Versicherung zufolge glauben, daß in einer Zeitsecunde, in einem Pendelschlage ein Lichtstrahl über 192000 Meilen durchfliegt, und daher die Reise um die Welt etwa in derselben Zeit vollenden würde, welche

wir gebrauchen, um mit den Augen zu blinzen, und in viel geringerer Zeit, als ein rascher Läufer bedarf, um einen einzigen Schritt zu thun. Welchen Sterblichen kann man ohne Beweis glauben machen, daß die Sonne beinahe millionenmal größer ist, als die Erde? und daß sie, obgleich so fern von uns, daß eine gerade gegen sie abgeschossene Kanonenkugel mit Beibehaltung ihrer ganzen Geschwindigkeit zwanzig Jahre gebrauchen würde, um sie zu erreichen, dennoch die Erde durch ihre Anziehungskraft in jedem unangebbaren Augenblick afficirt? — eine Verbindungsweise, von welcher wir uns nur eine schwache und gänzlich unpassende Vorstellung machen können, wenn wir sie mit irgend welcher materiellen Zusammenfügung vergleichen, weil die Mittheilung eines Impulses bis in solche Entfernung durch irgend ein festes Zwischenmittel, das uns bekannt ist, nicht Momente, sondern ganze Jahre erfordern würde. Und wenn man uns, nachdem wir mit Mühe und Anstrengung unsere Einbildungskraft gezwungen haben, eine so große Entfernung, eine so intensive und durchdringende Kraft zu fassen, erzählt, daß die erstere gegen die Entfernung der nächsten Fixsterne verschwindend klein ist, und die letztere diese bloß wegen der Wirkung ihrer Entfernung nicht erreicht, während unter eben diesen Sternen einige sind, deren gegenwärtiger Glanz den der Sonne selbst um viele hundertmal übertrifft: so können wir, wenngleich wir die Wahrheit der Behauptung nicht leugnen mögen, doch das dringende Verlangen nicht unterdrücken, zu wissen, wie solches alles ausgemittelt worden ist.

18) Das Angeführte gehört zu den Resultaten der wissenschaftlichen Forschung, welche wegen ihrer Größe unsere Fassungskraft zu übersteigen scheinen. Es giebt dagegen andere, welche wegen ihrer Kleinheit der Erfassung mit dem Gedanken, und noch viel mehr einer sicheren genauen

Meſſung ſich entziehen zu wollen ſcheinen. Wer wird nicht nach einem Beweiſe fragen, wenn man ihm ſagt, daß ein Mückenflügel im gewöhnlichen Fluge viele hundert Schläge in einer Secunde macht? oder daß es belebte und regelmäßig organiſirte Weſen giebt, von denen viele tauſend eng zuſammengelegt noch keinen Zoll ausfüllen würden? Und was iſt dieß gegen die durch neuere optiſche Unterſuchungen entdeckten Staunen erregenden Wahrheiten, welche uns lehren, daß jeder Punct eines Mittels, durch welchen ein Lichtſtrahl hindurchgeht, von einer Aufeinanderfolge periodiſcher, regelmäßig und in gleichen Zwiſchenräumen wiederkehrender Bewegungen getroffen wird, deren Zahl in einer Secunde nicht weniger als 500 Billionen beträgt! daß es ſolche unſeren Augennerven mitgetheilte Bewegungen ſind, vermöge deren wir ſehen, — noch mehr, daß es die Unterſchiede in der Schnelligkeit ihrer Wiederkehr ſind, wodurch die Empfindung der Verſchiedenheit der Farben in uns entſteht; daß z. B. unſere Augen bei der Empfindung des Rothen 482 billionenmal, des Gelben 542 billionenmal und des Violetten 707 billionenmal in einer Secunde getroffen werden *)! Lauten ſolche Angaben nicht eher wie Träumereien Wahnſinniger, als wie nüchterne Folgerungen von Leuten in wachendem Zuſtande?

19) Nichtsdeſtoweniger ſind ſie Folgerungen, zu denen mit Gewißheit jeder gelangt, der ſich die Mühe geben will, die Kette des Raiſonnements, wodurch ſie hergeleitet worden, zu prüfen. Um dieſes jedoch zu können, bedarf es etwas mehr, als einer Kenntniß bloß der Elemente der abſtracten Wiſſenſchaft. Indem wir indeſſen Beiſpiele, wie dieſe, hervorheben, welche am Ende mehr darauf berechnet

*) Young, Lectures on Nat. Phil. II. 637. Auch Phil. Transact. 1801—2.

sind, zu überraschen und Erstaunen zu erregen, als zu irgend etwas Anderem zu dienen, müssen wir bemerken, daß wir zu der Ueberzeugung, den wahren Ausdruck eines Naturgesetzes gefunden zu haben, nur dadurch zu gelangen vermögen, daß wir, von demselben als einer Grundlage des Raisonnements ausgehend, durch strenge Beweisführung zeigen können, daß die beobachteten Thatsachen als nothwendige logische Folgerungen aus ihm hervorgehen, und zwar nicht etwa bloß im Allgemeinen und in unbestimmter Weise, sondern mit aller möglichen Genauigkeit in Zeit, Ort, Gewicht und Maaß.

20) Dieß jedoch zu thun, erfordert, wie wir jetzt sehen werden, in vielen Fällen einen Grad von Kenntniß in der Mathematik, welcher für die Mehrzahl der Menschen ganz unerreichbar ist, da sie, wenn überhaupt die Fähigkeit, doch die Muße nicht haben, in solche Untersuchungen einzugehen, von denen manche in der That von solcher Schwierigkeit sind, daß sie mit Erfolg nur von Personen betrieben werden können, die auf sie ihre ganze Aufmerksamkeit verwenden, und sie zum ernsten Geschäft ihres Lebens machen. Es ist aber nicht leicht Jemand von gesundem natürlichen Verstande, der, wie wenig er auch an abstracte Untersuchungen gewöhnt sei, nicht bald dahin gebracht werden könnte, wenigstens den allgemeinen Gang eines Raisonnements, wodurch irgend welche der großen physicalischen Wahrheiten hergeleitet werden, so wie die wesentliche Stellung und Verbindung der verschiedenen Theile der Naturwissenschaft zu verstehen. Außerdem giebt es ganze, und zwar sehr ausgedehnte und wichtige Zweige derselben, auf welche die Mathematik niemals angewendet worden ist, wie die Chemie, die Geologie und die Naturgeschichte im Allgemeinen; auch manche andere, worin sie eine untergeordnete Rolle spielt, und deren wesentliche Principien und

Grundsätze der Anwendung zu nützlichen Zwecken vollkommen von einem Studierenden verstanden werden können, welcher keine andere mathematische Kenntnisse, als die von den Regeln der Arithmetik besitzt; so daß Niemand durch diesen Mangel an mathematischer Bildung von der Erwerbung von Kenntnissen, oder selbst von eigner thätiger Forschung in solchen Gegenständen zurückgehalten werden darf. Selbst in solchen Zweigen, welche, wie die Astronomie, Optik und Dynamik, fast ausschließlich unter der Herrschaft der Mathematik stehen, und worin kein bedeutender Fortschritt ohne einige Bekanntschaft mit der Geometrie gemacht werden kann, können doch die Hauptresultate ohne sie vollkommen verstanden werden. Für jemand, der den Verwickelungen der mathematischen Beweisführung nicht zu folgen vermag, muß die aus dem Eintreffen von Vorhersagungen hervorgehende Ueberzeugung die Stelle jenes reineren und befriedigenderen Vertrauens vertreten, welches nur eine Bewährung jedes einzelnen Schrittes im Fortgange des Raisonnements verschaffen kann, insofern ein jeder die Gültigkeit von Behauptungen anerkennen wird, die er täglich der Probe der Praxis unterworfen zu sehen gewohnt ist.

21) Unter den Bestätigungen dieser practischen Art, welche in jedem Theile der Physik reichlich vorhanden sind, sind keine imponirender, als die sicheren Voraussagungen der größeren Erscheinungen der Astronomie, gewiß keine, welche wegen ihrer öffentlichen Bekanntwerdung und wegen ihres unzweideutigen Characters einem jeden eine vollständigere Ueberzeugung zuführen. Die Vorherbestimmung der Finsternisse hat daher seit den frühesten Zeiten die Bewunderung der Menschen erregt, und ist ein großes Mittel zur Unterhaltung ihrer Huldigung für die Naturwissenschaft und ihrer Achtung für deren Lehrer gewesen; und obgleich sie

in finsteren Zeiten durch die übernatürlichen Behauptungen der Astrologen seltsam gemißbraucht worden, so zeigt doch gerade der ihren Ungereimtheiten geschenkte Glaube die Gewalt dieser Art von Evidenz über die Gemüther der Menschen. Die Vorhersagungen der Astronomen sind jedoch jetzt viel zu bekannt, als daß sie das richtige Gleichgewicht unsers Urtheils gefährden könnten, da sogar die Wiederkehr der Cometen, genau zur Stunde und an dem Orte der Bestimmung, nicht mehr in Erstaunen setzt, obgleich sie immer Alle erfreuen muß, deren Geist fähig ist, von solchen schönen Beispielen der Uebereinstimmung zwischen Theorie und Thatsachen durchdrungen zu werden. Aber die Zeit der Wunder in solchen Dingen ist vorüber, und die Menschen wollen jetzt lieber geführt und aufgeklärt, als in Erstaunen gesetzt und geblendet werden. Finsternisse, Cometen u. dergl. legen nur selten die Gewalt des Calculs und die Sicherheit seiner Grundsätze vor Augen. Eine Seite der »Mond-Distanzen« im Nautical Almanack ist eben soviel, als alle jemals eingetretenen Finsternisse werth, um dieses nothwendige Vertrauen zu den Folgerungen der Wissenschaft einzuflößen. Daß jemand bloß durch die Messung der scheinbaren Entfernung des Mondes von einem Sterne vermittelst eines kleinen tragbaren Instruments, welches er in der Hand hält und ans Auge bringt, selbst auf einem so schwankenden Boden, als das Verdeck eines Schiffes ist, bis auf fünf Meilen genau anzugeben vermag, wo er sich auf einem grenzenlosen Ocean befindet, kann Personen, die mit der physischen Astronomie unbekannt sind, nur als eine Annäherung zum Wunderbaren erscheinen. Und doch wagt man täglich und stündlich Leben und Wohlstand mit vollkommenem Vertrauen auf diese wunderbaren Berechnungen, welche fast dazu ersonnen zu sein scheinen, zu zeigen, wie nahe die Extreme der vollen-

Grundsätze der Anwendung zu nützlichen Zwecken vollkommen von einem Studierenden verstanden werden können, welcher keine andere mathematische Kenntnisse, als die von den Regeln der Arithmetik besitzt; so daß Niemand durch diesen Mangel an mathematischer Bildung von der Erwerbung von Kenntnissen, oder selbst von eigner thätiger Forschung in solchen Gegenständen zurückgehalten werden darf. Selbst in solchen Zweigen, welche, wie die Astronomie, Optik und Dynamik, fast ausschließlich unter der Herrschaft der Mathematik stehen, und worin kein bedeutender Fortschritt ohne einige Bekanntschaft mit der Geometrie gemacht werden kann, können doch die Hauptresultate ohne sie vollkommen verstanden werden. Für jemand, der den Verwickelungen der mathematischen Beweisführung nicht zu folgen vermag, muß die aus dem Eintreffen von Vorhersagungen hervorgehende Ueberzeugung die Stelle jenes reineren und befriedigenderen Vertrauens vertreten, welches nur eine Bewährung jedes einzelnen Schrittes im Fortgange des Raisonnements verschaffen kann, insofern ein jeder die Gültigkeit von Behauptungen anerkennen wird, die er täglich der Probe der Praxis unterworfen zu sehen gewohnt ist.

21) Unter den Bestätigungen dieser practischen Art, welche in jedem Theile der Physik reichlich vorhanden sind, sind keine imponirender, als die sicheren Vorausſagungen der größeren Erscheinungen der Astronomie, gewiß keine, welche wegen ihrer öffentlichen Bekanntwerdung und wegen ihres unzweideutigen Characters einem jeden eine vollständigere Ueberzeugung zuführen. Die Vorherbestimmung der Finsternisse hat daher seit den frühesten Zeiten die Bewunderung der Menschen erregt, und ist ein großes Mittel zur Unterhaltung ihrer Huldigung für die Naturwissenschaft und ihrer Achtung für deren Lehrer gewesen; und obgleich sie

in finsteren Zeiten durch die übernatürlichen Behauptungen der Astrologen seltsam gemißbraucht worden, so zeigt doch gerade der ihren Ungereimtheiten geschenkte Glaube die Gewalt dieser Art von Evidenz über die Gemüther der Menschen. Die Vorhersagungen der Astronomen sind jedoch jetzt viel zu bekannt, als daß sie das richtige Gleichgewicht unsers Urtheils gefährden könnten, da sogar die Wiederkehr der Cometen, genau zur Stunde und an dem Orte der Bestimmung, nicht mehr in Erstaunen setzt, obgleich sie immer Alle erfreuen muß, deren Geist fähig ist, von solchen schönen Beispielen der Uebereinstimmung zwischen Theorie und Thatsachen durchdrungen zu werden. Aber die Zeit der Wunder in solchen Dingen ist vorüber, und die Menschen wollen jetzt lieber geführt und aufgeklärt, als in Erstaunen gesetzt und geblendet werden. Finsternisse, Cometen u. dergl. legen nur selten die Gewalt des Calculs und die Sicherheit seiner Grundsätze vor Augen. Eine Seite der »Mond-Distanzen« im Nautical Almanack ist eben soviel, als alle jemals eingetretenen Finsternisse werth, um dieses nothwendige Vertrauen zu den Folgerungen der Wissenschaft einzuflößen. Daß jemand bloß durch die Messung der scheinbaren Entfernung des Mondes von einem Sterne vermittelst eines kleinen tragbaren Instruments, welches er in der Hand hält und ans Auge bringt, selbst auf einem so schwankenden Boden, als das Verdeck eines Schiffes ist, bis auf fünf Meilen genau anzugeben vermag, wo er sich auf einem grenzenlosen Ocean befindet, kann Personen, die mit der physischen Astronomie unbekannt sind, nur als eine Annäherung zum Wunderbaren erscheinen. Und doch wagt man täglich und stündlich Leben und Wohlstand mit vollkommenem Vertrauen auf diese wunderbaren Berechnungen, welche fast dazu ersonnen zu sein scheinen, zu zeigen, wie nahe die Extreme der vollen-

deten Speculation und des practischen Nutzens einander gebracht werden können. Uns ist von einem durch die Ausdehnung und Mannigfaltigkeit seiner Unternehmungen ausgezeichneten See-Officier *) eine Erzählung mitgetheilt worden, welche zeigt, wie wirksam solche Resultate für die Praxis werden können. Er segelte von San Blas auf der Westküste von Mexico ab, und kam nach einer binnen 89 Tagen vollbrachten Reise von 8000 Meilen unweit Rio de Janeiro an, nachdem er in diesem Zeitraume den stillen Ocean durchschifft, das Cap Horn umsegelt, und den südlichen atlantischen Ocean durchkreuzt hatte, ohne irgendwo zu landen, oder auch nur ein einziges Segel zu sehen außer einem americanischen Wallfischfänger abwärts vom Cap Horn. Nachdem er bis auf einen Wochen-Curs sich Rio genähert hatte, begab er sich ernstlich daran, den Lauf des Schiffs und seine Lage in bestimmten Momenten nach Mondbeobachtungen genau auszumitteln, und nachdem diese Bestimmungen von fünf bis zu zehn Meilen Entfernung gemacht waren, nahm er für die Zwischenräume die den Seefahrern bekannten leichteren und kürzeren Methoden zu Hülfe, welche mit Sicherheit für kurze Strecken zwischen zwei bekannten Puncten angewandt werden können, denen man jedoch nicht auf langen Reisen, wo der Mond allein sicherer Führer ist, vertrauen darf. Den Schluß der Erzählung sind wir durch seine Gefälligkeit in den Stand gesetzt, mit seinen eignen Worten anzugeben: — »Wir steuerten einige Tage lang gegen Rio de Janeiro zu, nachdem die erwähnten Mondbeobachtungen gemacht worden, und als wir uns der Küste bis auf funfzehn bis zwanzig Meilen genähert hatten, ließ ich um vier Uhr Morgens bis gegen Tagesanbruch die Segel beilegen, und dann aufziehen; denn obgleich es sehr trübe war, konnten wir doch ei-

*) Capitain Basil Hall v. d. Kön. Marine.

nige Meilen weit vor uns sehen. Um acht Uhr wurde es so neblicht, daß ich nicht weiter segeln wollte, und schon im Begriff war, das Schiff gegen den Wind beizudrehen, bevor ich das Schiffsvolk zum Frühstück gehen ließ, als es sich plötzlich aufhellte, und ich die Befriedigung hatte, den großen Zuckerhut-Felsen, welcher an der einen Seite der Hafen-Mündung steht, so nahe uns gegenüber zu sehen, daß wir unsern Lauf nicht um einen Punct zu verändern brauchten, um die Einfahrt in Rio zu bewerkstelligen. Hier sahen wir nach drei Monaten zum erstenmal Land, nachdem wir so viele Meere durchkreuzt hatten, und durch unzählige Ströme und falsche Winde bald vorwärts, bald rückwärts getrieben waren.« Die Wirkung auf Alle am Bord mag wohl wie electrisch gewesen sein, und es ist unnöthig zu bemerken, wie wesentlich die Autorität eines Befehlshabers über seine Mannschaft durch den Eintritt solcher Vorfälle befestigt werden müsse, welche Zeichen eines ihnen unerreichbaren Grades von Kenntniß und daraus fließender Kraft sind.

22) Aber selbst Resultate wie diese, so schlagend sie auch sind, erreichen doch nicht die Kraft der Ueberzeugung, die sich uns aufdringt, wenn wir vermittelst eines für die gewöhnliche Fassungskraft zu abstracten Raisonnements zu Folgerungen gelangen, welche die Erfahrung überschreiten, und im voraus angeben, was unter neuen Combinationen erfolgen wird, oder sogar unvollkommene Versuche corrigiren, und uns zu einer Kenntniß von Thatsachen leiten, die angenommenen, aus einer irrig gedeuteten oder übereilt verallgemeinerten Erfahrung gezogenen Analogien zuwider sind. Jedermann weiß z. B., daß Gegenstände, die durch ein durchsichtiges Mittel, als Wasser oder Glas, gesehen werden, verschoben oder verrückt erscheinen. So erscheint ein Stab im Wasser gebogen, und ein durch ein Prisma

oder einen Keil von Glas betrachteter Gegenstand scheint von seiner wahren Stelle seitwärts gebogen zu sein. Diese Wirkung ist die Folge der sogenannten Brechung des Lichts, und eine einfache von Willebrod Snell entdeckte Regel setzt jeden in den Stand, genau anzugeben, wie stark der Stab gebogen, und wie weit und in welcher Richtung die scheinbare Lage eines durch das Glas gesehenen Gegenstandes von seiner wahren abweichen werde. Wird ein Geldstück auf den Boden eines mit Wasser gefüllten Gefäßes gelegt und in schiefer Richtung betrachtet, so erscheint es durch das Wasser emporgehoben; wird statt des Wassers Weingeist genommen, so erscheint es noch mehr gehoben, und wieder noch mehr, wenn Oel angewandt wird; — aber in keinem dieser Fälle, wie auch das Auge gerichtet sein mag, erscheint es seitwärts, rechts oder links von seiner wahren Stelle gezogen. Die Ebene, worin das Auge, das Object und der Punct in der Oberfläche der Flüssigkeit, in welchem das Object gesehen wird, sich befinden, ist eine aufrechte oder verticale Ebene; und es besteht eine Haupteigenschaft der gewöhnlichen Lichtbrechung darin, daß der Strahl, vermittelst dessen wir ein Object durch eine brechende Oberfläche hindurch sehen, obgleich er eine Beugung erleidet und an der Oberfläche gleichsam eingebrochen erscheint, dennoch in seinem Fortgange zum Auge eine gegen die brechende Oberfläche senkrechte Ebene nicht verläßt. Aber es giebt wieder andere Substanzen, wie der Bergcrystall, und besonders der Isländische Spath, welche die sonderbare Eigenschaft besitzen, das Bild oder die Erscheinung eines in gewissen Richtungen durch sie gesehenen Objects zu verdoppeln; so daß wir, wenn ein solcher Crystall oder Spath zwischen das Object und unser Auge gelegt wird, statt eines einzigen Objects zwei neben einander sehen; und

wenn ein dünner Sonnenstrahl auf die Oberfläche einer dieser Substanzen geleitet wird, so wird er in zwei zerspalten, die einen Winkel mit einander machen, und, jeder für sich, ihren Weg verfolgen, — und dieses wird doppelte Brechung genannt. Nun befolgt das eine dieser Bilder oder der eine der doppelt gebrochenen Strahlen immer dieselbe Regel, als wenn die brechende Substanz Wasser oder Glas wäre: seine Ablenkung kann nach Snell's oben erwähntem Gesetze genau berechnet werden, und er verläßt die gegen die brechende Oberfläche senkrechte Ebene nicht. Der andere Strahl aber (den man deshalb ungewöhnlich gebrochen nennt) verläßt diese Ebene, und zur Bestimmung der Größe seiner Ablenkung von der früheren Richtung ist eine viel complicirtere Regel erforderlich, welche ohne tiefere geometrische Kenntnisse nicht verstanden oder gar aufgestellt werden kann. Bergcrystall und Isländischer Spath unterscheiden sich nun vom Glase in einem sehr merkwürdigen Umstande. Sie besitzen von Natur gewisse regelmäßige Gestalten, da sie nicht in unförmlichen Stücken, sondern in bestimmten geometrischen Formen gefunden werden, und sie können nach gewissen Richtungen viel leichter, als nach anderen gespalten werden, — sie haben einen Kern, den das Glas nicht hat. Untersucht man andere mit dieser Eigenthümlichkeit begabte Substanzen (crystallisirte genannt), so findet man bei dem bei weitem größten Theile derselben diese seltsame Eigenschaft der doppelten Brechung; und es war daher der Schluß sehr natürlich, daß sie alle sie besitzen möchten, nämlich daß von den beiden Strahlen, in die jedes auf die Oberfläche einer solchen Substanz fallende Lichtbündel gespalten wird, oder von den beiden Bildern eines durch sie gesehenen Objects, nur der eine Strahl oder das eine Bild seitwärts aus ihrer Ebene abgelenkt und ungewöhnlich gebrochen werde, wäh-

rend der andere Strahl oder das andere Bild die gewöhnliche Regel befolgen. Man nahm dieses daher als wirklich stattfindend an, und betrachtete es nicht bloß deshalb, sondern auch wegen einiger von einem sehr ausgezeichneten Naturforscher absichtlich angestellten Versuche und Messungen als eine durch die Erfahrung genügend bestätigte Thatsache.

23) Vielleicht wären wir lange bei dieser Annahme geblieben; denn die Messungen sind delicat und der Gegenstand ist sehr schwierig. Aber es ist neuerlich von einem ausgezeichneten französischen Mathematiker und Naturforscher, Fresnel, bewiesen worden, daß, wenn man gewisse Principien oder Postulate einräumt, alle Erscheinungen der doppelten Brechung, welche vielleicht die größte Mannigfaltigkeit von Thatsachen, die jemals unter eine allgemeine Uebersicht gebracht worden, umfaßt, durch strenge mathematische Berechnung befriedigend erklärt und von jenen abgeleitet werden können, und daß diese Principien, auf die zuerst erwähnten Fälle angewandt, eine befriedigende Auskunft über den Mangel des ungewöhnlichen Bildes, auf Bergcrystall und Isländischen Spath aber angewandt, genaue Rechenschaft über beide Bilder geben, und in ihren Folgerungen mit den früher für diese Substanzen aufgestellten Regeln übereinstimmen. Aber weit entfernt, mit der Ausdehnung dieser Folgerungen auf alle crystallisirten Substanzen zusammenzutreffen, führen Fresnel's Principien vielmehr zu einem ganz entgegengesetzten Schlusse und weisen auf eine Thatsache hin, welche niemals beobachtet worden war, daß nämlich bei der bei weitem größeren Zahl der mit dem Doppelbrechungsvermögen begabten crystallisirten Substanzen keines der beiden Bilder das gewöhnliche Gesetz befolgt, sondern daß beide eine Ablenkung aus ihrer ursprünglichen Ebene erleiden. Dieß war indes-

sen bei keinem früheren Versuche beobachtet worden, und die Meinung Aller war dagegen. Aber durch Hülfe vieler neuer und sinnreicher Methoden der Probe des Experiments unterworfen, erschien die aufgestellte Behauptung als vollkommen wahr; und nachdem zur Vervollständigung der Evidenz die Substanzen, auf deren unvollkommene Prüfung die erste irrige Folgerung gegründet war, neuerlich mit größerer Schärfe untersucht worden, hat das Resultat die Unzulänglichkeit der früheren Messungen, und sich in vollkommener Uebereinstimmung mit den neu entdeckten Gesetzen gezeigt. Hier ist nun zu bemerken, erstens, daß die von Fresnel angenommenen Principien, weit entfernt, durchaus einleuchtend zu sein, von der gewöhnlichen Beobachtung vielmehr äußerst entfernt sind; und zweitens, daß die Kette des Raisonnements, wodurch sie der Prüfung unterworfen werden, so lang und verwickelt, und die rein mathematische Schwierigkeit ihrer Anwendung so groß ist, daß kein bloß gesunder Verstand, kein allgemeiner Tact, oder gewöhnliches practisches Urtheil die geringste Wahrscheinlichkeit zur Auflösung ihrer Verwickelung darbieten würde. Fälle, wie dieser, sind der Triumph der Theorien. Sie zeigen zugleich, einen wie großen Antheil die reine Vernunft an unserer Erforschung der Natur zu nehmen hat, und wie zuversichtlich unser Vertrauen auf jenes mächtige und methodische System von Regeln und Operationen, welche die neuere mathematische Analysis bilden, bei allen schwierigeren Anwendungen genauer Berechnung auf die Naturerscheinungen sein muß.

24) Wir wollen noch ein leichter zu begreifendes Beispiel dafür ausheben. Ein ausgezeichneter lebender Geometer hatte durch auf strenge optische Principien gegründete Berechnungen bewiesen, daß in dem Mittelpuncte des Schattens einer kleinen kreisförmigen, im dunkeln Zim-

mer einem von einem sehr kleinen leuchtenden Puncte ausfahrenden Lichtbündel ausgesetzten Metallplatte keine Dunkelheit sein dürfe, — in der That kein Schatten an der Stelle, sondern im Gegentheil ein Grad von Erleuchtung, eben so hell, als wenn die Metallplatte nicht da wäre. So seltsam und sogar unmöglich dieser Schluß auch erscheinen mag, so hat sich doch aus angestellten Versuchen seine vollkommene Richtigkeit ergeben *).

25) Wir wollen nun dazu übergehen, mehr im Besonderen und Einzelnen zu betrachten

I. die Natur und die unmittelbaren und mittelbaren Gegenstände der physicalischen Wissenschaft, sowohl an und für sich selbst, als auch hinsichtlich ihrer Anwendung auf die practischen Zwecke des Lebens und ihres Einflusses auf das Wohlsein und Fortschreiten der menschlichen Gesellschaft,

II. die Grundsätze, auf denen ihre erfolgreiche Ausbildung beruht, und die Regeln, nach welchen eine systematische Naturforschung geleitet werden muß, mit Beispielen zur Erläuterung ihres Einflusses,

III. die Unterabtheilung der Physik in abgesonderte Zweige, und deren gegenseitige Beziehungen.

*) Wir müssen unsere Leser, welche sich selbst davon durch Versuche überzeugen möchten, darauf aufmerksam machen, daß dieser Versuch sehr delicat ist, und nicht ohne verschiedene Vorsichtsmaaßregeln mit Erfolg angestellt werden kann. Wir müssen deshalb auf die ursprüngliche Autorität (Fresnel, Mémoire sur la Diffraction de la Lumière, p. 124.) verweisen; die Principien, von denen sie abhängen, werden in dem der Lehre vom Licht gewidmeten Bande der Cabinet Cyclopaedia auseinandergesetzt werden.

Drittes Capitel.

Von der Natur und den unmittelbaren und mittelbaren Gegenständen der physicalischen Wissenschaft, betrachtet an und für sich und hinsichtlich ihrer Anwendung auf die practischen Zwecke des Lebens und ihres Einflusses auf das Wohlsein und Fortschreiten der menschlichen Gesellschaft.

---

26) Das erste, was sich von frühester Kindheit an uns einprägt, ist, daß Ereignisse nicht nach Zufall auf einander folgen, sondern mit einem gewissen Grade von Ordnung, Regelmäßigkeit und Zusammenhang; — einige beständig und, wie wir zu glauben geneigt sind, unveränderlich, wie die Abwechslung von Tag und Nacht, von Sommer und Winter; — andere durch Contingenz, wie die Bewegung eines Körpers von seiner Stelle, wenn er fortgestoßen wird; oder die Verbrennung eines ins Feuer gestellten Stabes. Die Kunde davon, daß die Ereignisse der ersten Gattung seit undenkbaren Zeiten ununterbrochen so erfolgt sind, erfüllt uns mit der sicheren Erwartung, daß sie auf gleiche Weise ferner so erfolgen werden, und so entsteht und befestigt sich in uns der Begriff von einer Ordnung der Natur. Wären alle Dinge in gleichem Maaße regelmäßig und periodisch, und die Aufeinanderfolge der Ereignisse keiner von unserem eignen Willen abhängigen Abänderung unterworfen, so könnte man zweifeln, ob wir

jemals daran denken würden, nach Ursachen zu suchen. Niemand sieht die Nacht als die Ursache des Tages, oder den Tag als die Ursache der Nacht an. Sie sind abwechselnde Wirkungen einer gemeinschaftlichen Ursache, zu deren Erkennung ihre regelmäßige Aufeinanderfolge allein uns keine Anleitung giebt. Hauptsächlich, oder vielleicht allein, von den Ereignissen der anderen Gattung, den durch Contingenz erfolgenden, erlangen wir unsere Begriffe von Ursache und Wirkung. Aus ihnen allein folgern wir, daß es solche Dinge, wie Naturgesetze, giebt. Die wahre Idee eines Gesetzes schließt die Idee der Contingenz ein. »Si quis mala carmina condidisset, fuste ferito;« tritt solch ein Fall ein, so wird solch ein Verlauf erfolgen, — wird dem Pulver eine Zündruthe genähert, so wird es explodiren. Jedes Gesetz ist eine Vorbestimmung für Fälle, welche eintreten können, und bezieht sich auf eine unzählige Menge von Fällen, welche niemals eingetreten sind und niemals eintreten werden. Nun ist es diese Vorsorge a priori für mögliche Ereignisse, diese Betrachtung möglicher Vorfälle und diese Anordnung im voraus dessen, was sich ereignen wird, wovon wir den Eindruck eines Gesetzes und einer Ursache empfangen. Es ist wahrscheinlich, sogar beinahe gewiß, daß manche von den möglichen Verbindungen der funfzig bis sechszig Elemente, deren Existenz auf der Erde die Chemie nachweist, niemals gebildet, daß manche Elemente in gewissen Verhältnissen und unter gewissen Umständen noch nie zu einander in Beziehung gesetzt worden sind. Dennoch kann kein Chemiker bezweifeln, daß es bereits feststeht, was erfolgen wird, wenn dieser Fall eintritt. Sie werden gewissen Gesetzen gehorchen, von denen wir jetzt nichts wissen, welche aber, um Gesetze sein zu können, bereits unabänderlich feststehen müssen. Nicht durch Gewohnheit oder durch Versuchen und

Verfehlen werden sie lernen, was sie thun müssen. Tritt der betreffende Fall ein, so wird kein Zaudern, kein Berathen sein; — ihr Verhalten wird auf einmal entschieden und immer dasselbe sein, wenn jener auch noch so oft wiederkehrt, oder an noch so vielen Orten in einem und demselben Augenblick vorkommt. Darin besteht die Vollkommenheit eines Gesetzes, daß es alle möglichen Zufälligkeiten einschließt, und unbedingten Gehorsam sichert, — und von dieser Art sind die Naturgesetze.

27) Dieser Gebrauch des Wortes Gesetz indessen bezieht sich, wie unsere Leser von selbst einsehen werden, vielmehr auf uns, die wir gewisse Regeln verstehen, als auf die das Weltall konstituirenden Stoffe, welche jenen gehorchen. Einem Gesetze zu gehorchen, mit einer Regel in Uebereinstimmung zu handeln, setzt einen Verstand und einen Willen voraus, eine Kraft, zu willfahren oder nicht, die wir der bloßen Materie nicht beimessen. Wir müssen annehmen, nicht daß der Schöpfer der Welt unter Aufzählung aller möglichen individuellen Verknüpfungen besondere Gesetze niedergelegt habe, welche die Stoffe verstehen und befolgen, — das hieße, ihm die Unvollkommenheiten menschlicher Gesetzgebung beimessen, — sondern daß er sie vielmehr bei ihrer Erschaffung mit gewissen festen Eigenschaften und Kräften begabt, ihnen bei ihrem Ursprunge den Geist, nicht den Buchstaben seines Gesetzes eingeprägt, und alle ihre nachherigen Verbindungen und Beziehungen zu unvermeidlichen Folgen dieses ersten Einbucks gemacht habe, wodurch wir jedoch keineswegs die beständige Ausübung seiner Allmacht in der Erhaltung des Naturſystems, oder den letzten Ausfluß jeder von materiellen Agentien ausgeübten Kraft von seinem unmittelbaren, seinen eignen Gesetzen gemäß wirkenden Willen zu leugnen meinen.

28) Die Entdeckungen der neueren Chemie haben die Wahrheit einer von Einigen unter den Alten aufgestellten Meinung bestätigt, daß nämlich das Weltall aus bestimmten, abgesonderten, untheilbaren Atomen oder individuellen Wesen von solcher Kleinheit bestehe, daß sie unsern Sinnen, außer in einer Zusammenfügung von Millionen derselben, sich entziehen, und daß sie in solcher Anhäufung erst Körper von kaum sichtbarem Umfang bilden; und wir haben die stärkste Evidenz, daß, obgleich unter diesen Atomen große und wesentliche individuelle Verschiedenheiten statt finden, sie doch alle in eine sehr beschränkte Zahl von Gruppen oder Classen vertheilt werden können, deren Individuen für alle Absichten und Zwecke in allen ihren Eigenschaften vollkommen gleich sind. Wenn wir nun eine große Zahl von Dingen sich völlig gleichend sehen, so suchen wir den Ursprung dieser Gleichartigkeit nur in einem gemeinschaftlichen von ihnen selbst unabhängigen Principe; und daß wir diese Gleichartigkeit hauptsächlich aus der Identität ihres Verhaltens unter gleichen Umständen erkennen, verstärkt die Folgerung eher, als daß sie es schwächt. Eine Reihe Spinnspuhlen *) oder ein Regiment Soldaten, völlig gleich gerichtet und dieselben Wendungen machend, giebt uns keine Idee von einer unabhängigen Existenz: wir müssen sie außer dem Zusammenhang handeln sehen, ehe wir ihnen unabhängige Willen und Eigenschaften, die ihnen nicht von außen eingeprägt werden, zuschreiben können. Und diese Folgerung, welche streng sein würde, selbst wenn nur zwei Individuen in jeder Rücksicht und für immer sich völlig gleich wären, erlangt eine unwiderstehliche Kraft, wenn die Zahl derselben über das Fassungsvermögen der Einbildungskraft hinaus vervielfacht wird. Irren wir

*) Kleine in Baumwollenspinnereien gebrauchte Walzen zum Drehen der Fäden.

nicht, so zerstören die angeführten Entdeckungen die Idee einer ewigen selbständigen Materie, indem sie jedem ihrer Atome die wesentlichen Charactere eines gemachten Stücks und untergeordneten Agens zugleich ertheilt.

29) Aber zum Ursprung der Dinge hinaufzusteigen und über die Schöpfung nachzusinnen, ist nicht das Geschäft des Naturforschers. Ihm genügt ein niedreres Gebiet mit dem Bestreben, so weit unsere Fähigkeiten es gestatten wollen, zu entdecken, was diese primären, der Materie ursprünglich und unveränderlich eingeprägten Eigenschaften sind, und den Geist der Naturgesetze, welcher Gruppen und Classen von Beziehungen und Thatsachen umfaßt, aus dem Buchstaben zu erschließen, der uns, wie vorhin bemerkt, in einzelnen Erscheinungen dargeboten wird; oder, wenn dieß am Ende sich unmöglich zeigen sollte, wenn ein solcher Schritt unsere Fähigkeiten überstiege, und die wesentlichen Eigenschaften der materiellen Agentien wirklich verborgen oder unfähig wären, in irgend einer unserm Verstande zugänglichen Form ausgedrückt zu werden, wenigstens so weit, als die Beschaffenheit des Falles es gestatten will, ihrer Erfassung uns zu nähern, und solche Formen von Worten zu ersinnen, welche die größtmögliche Menge und Verschiedenheit von Erscheinungen umfassen und darstellen.

30) Nun scheint aber bei dieser Untersuchung, ehe unsere Erforschung irgend eines Gegenstandes mit Aussicht auf Erfolg begonnen werden kann, eine große Frage der Beantwortung zu bedürfen, ob nämlich die Naturgesetze selbst den Grad von Dauer und Bestimmtheit besitzen, wodurch sie zu Gegenständen systematischer Erörterung gemacht werden können, oder ob im Gegentheil die Eigenschaften der natürlichen Agentien im Verlauf der Zeit Ver-

Änderungen unterworfen sind? Für die Alten, die in der Kindheit der Welt, oder vielmehr der menschlichen Erfahrung lebten, war diese Frage ein sehr vernünftiger Gegenstand der Untersuchung, und sie unterschieden ihr zufolge zwischen corruptibler und incorruptibler Materie. So ist nach Einigen unter Ihnen bloß die Materie der Himmelsräume rein, unveränderlich und unverderblich, während alle sublunarischen Dinge sich im Zustande beständigen Verfalls und Wechsels befinden, indem die Welt mit zunehmendem Alter lahm und abgenutzt wird, und der Mensch selbst an Character sich verschlimmert, und an Verstand und Körper zugleich abnimmt. Für uns aber, die wir die Erfahrung von einigen tausend Jahren mehr haben, ist die Frage der Permanenz größtentheils bejahend entschieden. Die vollendeten Untersuchungen der neueren Astronomie haben, indem sie ihre Folgerungen auf Beobachtungen in sehr entlegener Zeit gründen, beweisend dargethan, daß wenigstens eine von den großen Naturkräften, die Kraft der Gravitation, das Hauptband und die Hauptstütze des materiellen Universums, seit dem hohen Alterthum keine Veränderung in ihrer Stärke erlitten hat. Die Statur der Menschen ist genau so wie vor dreitausend Jahren, wie die zu wiederholten Malen untersuchten alten Mumien genügend zeigen. Newton's, Laplace's oder Lagrange's Geist wird wohl nicht Archimedes's, Aristoteles's oder Plato's Geist; und wohl mögen Washington's Tugenden und Patriotismus mit den glänzendsten Beispielen des Alterthums in gleichem Range stehen.

31) Ebenso haben die Untersuchungen der Chemiker gezeigt, daß das, was der gemeine Mann Verderbniß, Zerstörung u. s. w. nennt, nichts als eine Veränderung in der Anordnung der Bestandtheile, eine Zusammenfügung derselben Stoffe in andere Formen, ohne Verlust oder wirk-

liche Zerstörung eines einzigen Atoms, ist; und so werden alle Zweifel an der Permanenz der Naturgesetze unhaltbar und das ganze Gewicht der Wahrscheinlichkeit in die entgegengesetzte Schale geworfen. Es ist einer der auffallendsten Fälle scheinbarer Zerstörung, wenn ein Körper zu Staub zerrieben und im Winde verstreut wird. Aber es ist ein anderes, einen Körper zu Pulver zerreiben, und ein anderes, seine Theile vernichten: wie sie auch zerstreut werden mögen, sie müssen doch irgendwo niederfallen, und, wenn auch nur als Bestandtheile des Bodens, ihren niedrigen aber nützlichen Dienst im Haushalte der Natur verrichten. Noch schlagender ist die Zerstörung durch Feuer; in manchen Fällen, wie beim Brennen einer Holzkohle oder einer Wachskerze, wird weder Rauch, noch sonst etwas sichtbares verstreut und fortgeführt; der brennende Körper verzehrt sich und verschwindet, während nichts als Wärme und Licht, die wir nicht als etwas körperliches zu betrachten pflegen, daraus hervorgegangen zu sein scheint; und wenn alles, vielleicht bis auf eine geringe Menge Asche, verschwunden ist, nehmen wir natürlich genug an, daß es fort, verloren, zerstreut sei. Wird aber der Vorgang genauer untersucht, so finden wir in dem von der brennenden Kohle oder Kerze aufsteigenden unsichtbaren Strome heißer Luft die ganze ponderable Materie wieder, nur in einer neuen Verbindung mit der Luft vereinigt, und in ihr aufgelöst. Weit entfernt, dadurch zerstört worden zu sein, ist sie nur wieder geworden, was sie war, ehe sie in der Form der Kohle oder Kerze existirte, ein thätiges Agens in dem Geschäft der Welt und ein Hauptunterhaltungsmittel vegetabilischen und animalischen Lebens; und sie ist stets fähig, immer wieder denselben Kreis aufs neue zu durchlaufen, je nachdem Umstände es bestimmen mögen, so daß, so weit wir es zu übersehen vermögen, dasselbe identische Atom

während Tausender von Jahrhunderten in einem Kalksteinfelsen verborgen liegen, endlich zu Tage gefördert und im Kalkofen frei werden, sich mit der Luft vermischen, von Pflanzen absorbirt werden und demnach ein Theil der Bildungen von Myriaden lebender Wesen werden kann, bis der Eintritt irgend eines Ereignisses es etwa wieder zu langer Ruhe bestimmt, ohne es dadurch jedoch ungeschickt zu machen, seine frühere Wirksamkeit aufs neue zu beginnen.

32) Nun ist diese absolute Unzerstörbarkeit der letzten Bestandtheile der Welt in von unserer Erfahrung umfaßten Zeiträumen, und ihre hartnäckige Beibehaltung derselben Eigenschaften, unter wie verschiedene, gewaltsame und ihrer Natur scheinbar widerstrebende Umstände wir sie auch versetzen mögen, an und für sich selbst hinreichend, es höchst unwahrscheinlich zu machen, daß die Zeit allein irgend einen Einfluß auf sie sollte haben können. Alles, was Alter und Verfall zu thun vermag, scheint in einer Trennung der Theile, welche nur zerstreut, nicht zerstört werden, oder in einer Abänderung wahrnehmbarer Eigenschaften zu bestehen, welche, wie die Chemie zeigt, bloß aus neuen Verbindungen derselben Bestandtheile entspringen. Aber am Ende gehört die Frage dennoch ganz dem Gebiete der Erfahrung an: wir können a priori nicht gewiß sein, daß die Naturgesetze unveränderlich sind; wir können aber durch Nachforschung ausmachen, ob sie sich ändern oder nicht, und auf diese Frage antwortet alle Erfahrung verneinend. Es ist daher hier nicht die Absicht, zu leugnen, daß große, ausgedehnte Veränderungen in dem sichtbaren Zustande der Natur hervorbringende Operationen, — wie z. B. die von den Geologen betrachteten sind, zu deren Vollführung ungeheure Zeiträume gehören, — beständig vor sich gehen; aber sie sind Folgen und Erfüllungen der

Naturgesetze, nicht Widersprüche gegen sie oder Ausnahmen von ihnen. Kein Theoretiker sieht solche Wechsel als Abänderungen in den Grundprincipien an; er bemüht sich nur, sie damit zu vereinigen, und zu zeigen, wie sie aus bereits bekannten Gesetzen entspringen, und beurtheilt die Richtigkeit seiner Theorie nach ihrer letzten Uebereinstimmung damit.

33) Aber die Naturgesetze sind nicht nur permanent, sondern auch zusammenhängend, verständlich und durch einen so mäßigen Grad von Nachforschung zu entdecken, daß dadurch unsere Neugierde eher gereizt, als unterdrückt werden muß. Würden wir als Geschöpfe einer anderen Welt in irgend eine bestehende menschliche Gesellschaft versetzt, und wollten dann über ihre Handlungen nachdenken, so würden wir es anfangs schwierig finden, uns zu überzeugen, ob sie irgend Gesetzen unterworfen seien, oder nicht. Wenn wir aber allmählig gefunden hätten, daß sie sich untereinander als so gestellt betrachten, und dann dazu schreiten wollten, aus ihrem Betragen und seinen Folgen zu ermitteln, wie diese Gesetze beschaffen seien, und in welchem Geiste sie aufgefaßt würden: so würde, obgleich wir vielleicht ohne große Schwierigkeit einzelne auf besondere Fälle anwendbare Regeln entdecken würden, dennoch, in dem Augenblick, wo wir unternehmen wollten, diese zu verallgemeinern, und von ihnen stufenweise zur Entdeckung irgend eines festen durchgreifenden Princips emporzusteigen, die uns begegnende Masse von Nichtübereinstimmungen, Ungereimtheiten und Widersprüchen uns entweder von weiterer Nachforschung abschrecken, oder uns glauben lassen, daß das, was wir suchen, nicht existire. Ganz das Gegentheil findet sich in der Natur; da finden wir keine Widersprüche, keinen Mangel an Uebereinstimmung, sondern alles ist Harmonie. Was wir einmal gelernt haben, brauchen wir nie

wieder zu verlernen. So wie die Regeln an Allgemeinheit gewinnen, werden scheinbare Ausnahmen der Regel gemäß, und Zweideutigkeit ist in ihrer erhabenen Gesetzgebung eben so unerhört, als üble Verwaltung.

34) Da wir also in einer Welt, worin solche Gesetze bestehen, und unter deren unmittelbarer Herrschaft leben, so ist es offenbar von der äußersten Wichtigkeit, sie zu kennen, wäre es auch aus keinem andern Grunde, als um sicher zu sein, daß wir bei allem, was wir unternehmen, wenigstens das Gesetz auf unsrer Seite haben, so daß wir nicht vergeblich gegen irgend eine aus natürlichen Gründen uns entgegentretende unüberwindliche Schwierigkeit zu kämpfen versuchen. Wie viel Mühe und Aufwand würde nicht z. B. den Alchemisten durch eine Kenntniß jener einfachen Gesetze der chemischen Verbindung und Zersetzung erspart worden sein, wodurch jetzt jeder Gedanke an eine Erreichung ihres bekannten Zieles ausgeschlossen wird! Welch ein Aufwand von zur Entdeckung einer ewig dauernden Bewegung vergeudeter Erfindungskraft würde nützlicher haben angewandt werden können, wenn die einfachsten Gesetze der Mechanik den Erfindern der unzähligen in jener Absicht zusammengesetzten Apparate bekannt gewesen wären! Welche Qualen, die durch imaginäre Heilmethoden für unheilbare Leiden Kranken zugefügt worden, würden ihnen haben fern bleiben können, wenn einige wenige einfache Principien der Physiologie früher erkannt worden wären!

35) Wenn aber die Naturgesetze auf der einen Seite unüberwindliche Gegner sind, so sind sie auf der anderen Seite auch unwiderstehliche Gehülfen, und es wird nicht unpassend sein, sie in dieser doppelten Beziehung näher zu betrachten, und die große Wichtigkeit zu erwägen, welche eine Kenntniß derselben für die Menschheit dadurch erlangt,

I. daß sie uns zeigt, wie wir vermeiden können, etwas Unmögliches zu versuchen,

II. daß sie uns vor bedeutenden Mißgriffen schützt, die wir, indem wir etwas an sich Mögliches versuchen, durch Anwendung dem beabsichtigten Zwecke unangemessener oder wirklich entgegengesetzter Mittel begehen können,

III. daß sie uns in den Stand setzt, unsere Zwecke auf die leichteste, kürzeste, wirksamste und sparsamste Weise zu erreichen,

IV. daß sie uns veranlaßt und befähigt, Dinge zu versuchen und auszuführen, die zu unternehmen wir ohne sie nie den Gedanken fassen würden.

Wir wollen daher dazu übergehen, die Wirkung physicalischer Kenntnisse unter jedem dieser Gesichtspuncte durch Beispiele zu erläutern.

36) Beispiel I. 35) I. Vor mehreren Jahren wurde ein Versuch gemacht, zu Berhill in Sussex ein Kohlenbergwerk zu gründen. Das Vorkommen kleiner Trümmer von fossilem Holz und Holzkohle, nebst einigen anderen Anzeigen, denen ähnlich, die in der Nachbarschaft der großen Kohlenlager im Norden Englands vorhanden zu sein pflegen, hatte dazu verleitet, einen Schacht niederzusenken, und ein Maschinenwerk zu errichten mit einem solchen Aufwande von Kosten, daß, wie man sagt, nicht weniger als achtzigtausend Pfund Sterling auf diese Anlage verwandt wurden, welche jedoch gänzlich verunglückte, wie jeder Geolog vorhergesagt haben würde, da alle geognostischen Thatsachen gegen das Vorkommen von Kohlenlagern im Hastings-Sande sprechen, und da dieser, auf welchem eben Berhill liegt, von den Kohlenflötzen durch eine Reihe zwischenliegender Schichten von solcher Mächtigkeit getrennt ist, daß jeder Gedanke, sie zu durchbrechen, thöricht sein würde. Die Geschichte des Bergbaues ist voll von ähnlichen Fäl-

ken, wo eine sehr mäßige Bekanntschaft mit der gewöhnlichen Ordnung in der Natur, um von theoretischen Ansichten zu schweigen, manchen sanguinischen Abenteurer von gänzlichem Verderben gerettet haben würde.

37) Beispiel 2. 35) II. Das Schmelzen des Eisens erfordert die Anwendung der stärksten Hitze, die erzeugt werden kann, und wird gewöhnlich in hohen Oefen vollführt, welche durch große, von Dampfmaschinen bewegte eiserne Blasbälge angeblasen werden. Anstatt diese Kraft dazu anzuwenden, vermittelst dieser Blasbälge Luft in den Ofen zu treiben, wurde bei einer Gelegenheit versucht, den Wasserdampf selbst auf eine anscheinend viel weniger umständliche Weise dazu anzuwenden, indem man den Dampfstrom unmittelbar aus dem Kessel mit großer Gewalt in das Feuer trieb. Da der eine der bekannten Bestandtheile des Dampfes ein höchst brennbarer Körper, und der andere jener wesentliche Theil der Luft ist, welcher die Verbrennung unterhält, so meinte man, dieß werde die Wirkung haben, das Feuer bis zu zehnfacher Wuth zu verstärken, wogegen es in der That dadurch ausgeblasen wurde; ein Resultat, welches Jeder bei einer einfachen Betrachtung der Gesetze der chemischen Verbindung und des Zustandes, worin die Bestandtheile sich in dem Dampfe befinden, würde haben vorhersagen können, ohne einen Versuch deshalb anzustellen.

38) Beispiel 3. 35) II. Nach der Erfindung der Taucherglocke und bei deren Erfolg bei Arbeiten unter dem Wasser hielt man es für höchst wünschenswerth, Mittel zu ersinnen, wodurch es möglich würde, längere Zeit unter dem Wasser zu bleiben, und nach Gefallen emporzusteigen, um entweder mit Muße den Grund zu untersuchen, oder mit Bequemlichkeit irgend ein nothwendiges Werk auszuführen. Einige Jahre nachher schlug ein erfinderischer

Kopf eine Vorrichtung zur Erreichung dieses Zwecks vor. Sie bestand darin, daß der völlig wasserdicht gemachte Rumpf eines Schiffes, dessen Verdeck und Seitenwände durch Stützen sicher befestigt, und dessen einziger Eingang durch eine starke Fallthür fest verschlossen worden, vermittelst Gewichte dergestalt niedergesenkt werden sollte, daß er nach dem Auswerfen derselben von selbst zur Oberfläche emporsteigen könne. Um den Versuch befriedigender und das Resultat schlagender zu machen, machte der Erfinder selbst den ersten Versuch damit. Er hatte beschlossen, zwanzig Faden tief sich ins Wasser hinabzulassen, und nach Verlauf von vier und zwanzig Stunden ohne Hülfe wieder heraufzukommen. Nachdem er demzufolge alles sicher gemacht, seine Fallthür befestigt und sich mit allem Nothwendigen, wie auch mit Hülfsmitteln, um durch Signale seine Lage anzuzeigen, versehen hatte, trat dieses unglückliche Opfer seiner eignen Erfindungskraft hinein, und sank hinunter. Kein Zeichen wurde gegeben, und die bestimmte Zeit verfloß. Eine ungeheure Menschenmenge hatte sich versammelt, um Zeuge seines Emporsteigens zu sein, aber umsonst; denn das Schiff wurde nie wiedergesehen. Ohne Zweifel war der Druck des Wassers in so großer Tiefe viel zu gering geschätzt, und der unglückliche Erfinder durch den plötzlichen Einbruch der Seitenwände des Schiffes bereits umgekommen, ehe er das verabredete Signal zur Andeutung seines Mißgeschicks hatte geben können.

39) Beispiel 4. 35) III. In den Granitbrüchen bei Seringapatam werden die größten Blöcke von dem festen Felsen durch folgendes einfache und artige Verfahren getrennt. Wenn der Arbeiter ein hinreichend ausgedehntes Felsenstück nahe am Rande des bereits abgelösten Theils gefunden hat, entblößt er dessen obere Fläche, und bezeichnet darauf in der Richtung der beabsichtigten Abtrennung eine

Linie, längs welcher eine Rinne von etwa einem Paar Zoll Tiefe mit dem Meißel eingehauen wird. Ueber dieſer Rinne wird ſodann eine ſchmale Feuerlinie angezündet, und ſo lange im Brennen erhalten, bis der Felſen darunter völlig erhitzt iſt, worauf dann plötzlich eine Reihe von Männern und Frauen, alle mit Gefäßen voll kalten Waſſers verſehen, die Aſche abfegen und das Waſſer in die erhitzte Rinne gießen. Augenblicklich ſpaltet ſich nun das Felſenſtück mit einem reinlichen Bruche ab. Quadratiſche Blöcke von ſechs Fuß Seite und bis zu achtzig Fuß Länge werden zuweilen durch dieſe Methode abgetrennt, auch wohl durch eine andere gleich einfache und wirkſame, die aber nicht ſo leicht, ohne in mineralogiſche Einzelheiten einzugehen, erläutert werden kann *).

40) Beiſpiel 5. 35) III. Kaum weniger einfach und wirkſam iſt das Verfahren, welches in einigen Gegenden Frankreichs zur Gewinnung von Mühlſteinen üblich iſt. Wenn eine hinreichend große Steinmaſſe gefunden iſt, wird ſie zu einem Cylinder von mehreren Fußen Höhe verarbeitet, welcher dann nur in horizontale Stücke zu zertheilen iſt, um gleich viele Mühlſteine daraus zu machen. Zu dem Zwecke werden in, der den Mühlſteinen zu gebenden Dicke entſprechenden, Entfernungen rund um den Cylinder Kerben oder Rinnen eingehauen, und in dieſe Keile von trocknem Holze eingetrieben. Dieſe werden darauf angefeuchtet oder dem nächtlichen Thau ausgeſetzt, und am nächſten Morgen findet man die verſchiedenen Stücke durch die aus der Abſorption der Feuchtigkeit entſpringende Ausdehnung des Holzes von einander getrennt. So vollbringt eine unwiderſteh-

*) Solch ein Block würde zwiſchen vier und fünf mal hunderttauſend Pfund wiegen. S. Dr. Kennedy's »Account of the Erection of a Granite Obelisk of a Single Stone about seventy feet high. at Seringapatam.« Ed. Phil. Trans. vol. IX. p. 311.

liche Naturkraft ohne Mühe und Kosten eine Operation, welche wegen der besonderen Härte und Textur des Gesteins auf andere Weise durch die kräftigste Maschinerie oder ausdauerndste Arbeit nicht ausführbar sein würde.

41) Beispiel 6. 35). III. Unsere Zwecke schnell zu erreichen, ist oft wenigstens eben so wichtig, als sie mit geringer Arbeit und Auslage zu erreichen. Es giebt unzählige Processe, welche, auch sich selbst, d. h. der gewöhnlichen Thätigkeit natürlicher Ursachen überlassen, ausgeführt und zwar gut, aber mit äußerster Langsamkeit ausgeführt werden, und in solchen Fällen ist es von der höchsten practischen Wichtigkeit, sie zu beschleunigen. So erfordert das Bleichen des Linnens, wenn es auf natürlichem Wege durch Aussetzung an Sonne, Regen und Wind geschieht, mehrere Wochen und selbst Monate zu seiner Vollendung, während dieselbe Wirkung durch Eintauchung des Zeuges in eine chemisch bereitete Flüssigkeit in wenigen Stunden erfolgt. Der ganze Kreis der Künste ist in der That ein fortlaufender Commentar zu dieser Abtheilung unsers Gegenstandes. Die angeführten Beispiele sind nicht etwa wegen ihrer überwiegenden Wichtigkeit gewählt worden, sondern wegen der einfachen und directen Anwendung der Principien, von denen sie abhängen, auf die zu erreichenden Zwecke.

42) Aber der menschliche Geist ist so beschaffen, daß seine Ansichten sich erweitern, und seine Wünsche und Bedürfnisse zunehmen in dem vollen Verhältniß der Leichtigkeit, womit ihre Befriedigung erlangt wird, und zwar mit vermehrter Schnelligkeit, so daß durch erfolgreiche Ausübung seiner Kräfte nicht sobald irgend eine beträchtliche Vereinfachung oder Verbesserung der zu seinem Nutzen oder Wohlbefinden dienenden Processe herbeigeführt worden, als auch seine Fähigkeiten schon wieder angestrengt werden, um

wird, dessen Beurtheilungskraft im Ergreifen, und dessen Ausdauer in der öffentlichen Verbreitung wir das große Schutzmittel für das kindliche Leben verdanken, so darf sie auch denen nicht verweigert werden, deren Geschicklichkeit und Unterscheidungskraft so den Nerv unserer mächtigsten Waffe gestärkt und eine der finstersten Erscheinungen in dem ruhmvollsten aller Berufe vertilgt hat *).

*) Man kannte den Citronensaft schon vor 200 Jahren als ein alle anderen übertreffendes Mittel gegen den Scorbut, wie aus den Schriften Woodall's hervorgeht. Sein Werk hat den Titel: »The Surgeons Mate, or Military and Domestic Medicine. By John Woodall, Master in Surgery. London 1636.« p. 165. Im Jahre 1600 am 2ten April segelte Commodore Lancaster mit noch drei anderen Schiffen von England nach dem Vorgebirge der guten Hoffnung, und kam am 1sten August in der Saldanha-Bai an. Das Schiff des Commodore selbst befand sich, in Folge einer täglichen Morgengabe von drei Eßlöffeln voll Citronensaft an jeden seiner Leute in vollkommenem Gesundheitszustande, während die übrigen Schiffe so viele Kranke hatten, daß sie wegen Mangels an Händen nicht regiert werden konnten, und der Befehlshaber gezwungen war, Leute an deren Bord zu schicken, und ihre Segel einzuziehen und ihre Boote auszusetzen (Purchas's Pilgrim, vol. I. p. 149.). Ein Mitglied des Collegiums und ausgezeichneter Arzt gab 1753 eine Schrift über den Seescorbut heraus, worin er von der überlegenen Kraft dieser Arznei Nachricht giebt, und A. Baird, Arzt auf der Kriegs-Sloop Hektor, äußert, »daß er nach dem Erfolge, den er von derselben am Bord dieses Schiffes gesehen, keines Vorurtheils beschuldigt zu werden denke, wenn er sie, bei richtiger Anwendung, für ein unfehlbares Mittel zur Präservation und Heilung des Scorbuts erkläre (s. Trotter's Medicina Nautica). Die von Capitain Cook auf seinen berühmten Reisen angewandten Vorsichtsmaaßregeln haben durch ihren vollständigen Erfolg die Möglichkeit einer Unterdrückung des Scorbuts auch auf den längsten Reisen vollkommen bewiesen; aber ein gleichförmiges Vorbauungssystem war beim Seedienst noch nicht eingeführt. Wie wir glauben, verdankt man den von Dr. Blair und Sir Gilbert Blane in der Eigenschaft als Commissaire des Amts für kranke und verwundete Seeleute 1795 eingereichten Vor-

45) Die letzteren Angaben jedoch enthalten nur Beispiele einfacher Beobachtung, beschränkt auf das, was man unmittelbar im Auge hatte, und nur in sofern einen wissenschaftlichen Character annehmend, als ihn eine systematische Annahme des Guten und Verwerfung des Bösen, wenn sie auf sorgfältig etwogene Erfahrung gegründet wird, ihnen mit Recht verleiht. Sie sind darum aber nicht weniger passend als Beispiele von der Wichtigkeit einer Kenntniß der Natur und ihrer Gesetze für unser Wohlsein angeführt worden, obgleich sie, wie die großen Erfindungen des Seecompasses und des Pulvers, ursprünglich nicht mit allgemeineren Ansichten im Zusammenhange gestanden haben mögen. Sie müssen viel mehr als freiwillige Erzeugnisse eines wesentlich fruchtbaren Gebiets, denn als Theil habend an der Folge von Ernten angesehen werden, die derselbe freigebige Boden bei einer sorgsamen Cultur zu liefern vermag. Die oben mitgetheilte Geschichte des Jods indessen giebt eine vollständige Probe davon, wie eine Kenntniß natürlicher Eigenschaften und Gesetze, gewonnen aus Thatsachen, die zu dem Gegenstande, auf welchen sie nachher angewandt werden, keine Beziehung haben, uns in den Stand setzt, die Hülfsmittel der Natur gegen sie selbst in Bewegung zu setzen, und durch Ueberlegung und Vorbedacht Abhülfe für die Gefahren und Uebelstände, die uns bedrohen, zu ersinnen. In dieser Hinsicht können wir noch

stellungen die systematische Einführung des Mittels in die nautische Diät. Die Wirkung dieser weisen Maaßregel (welche natürlich in Verbindung mit den allgemeinen Hülfsmitteln zur Verbesserung der Gesundheit zur Ausführung gebracht wurde), mag nach folgenden Thatsachen beurtheilt werden: — Die Zahl der im Haslar Hospital aufgenommenen Scorbutkranken war in 1780 . . . 1457, in 1806 . . . 1, in 1807 gar keiner. Jetzt giebt es viele Aerzte in der Marine, welche das Uebel nie gesehen haben.

anführen: den Blitzableiter, welcher in Ländern, wo Gewitter häufiger und heftiger sind, als in dem unsrigen, und zur See (wo sie wegen der größeren Wahrscheinlichkeit eines Unfalls und der schrecklicheren Folgen eines solchen, wenn er eintritt, mit besonderer Gefahr verbunden sind) ein sehr wirksames Schutzmittel gegen die Wirkungen des Blitzes bildet *); — die Sicherheitslampe, mit welcher wir mit Sicherheit durch Luftmassen, die explodirender als Schießpulver sind, hindurchgehen können; — das Rettungsboot, welches nicht versinken kann und den Menschen unter den jammervollsten Umständen Hülfe gewährt, und dessen Princip vermittelst einer neuen Erfindung auf Schiffe der größten Gattung ausgedehnt zu werden verspricht; — den Leuchtthurm mit den Hauptverbesserungen, die derselbe durch die Linsen von Brewster und Fresnel und durch die elegante Lampe von Lieutenant Drummond erhalten hat und ferner durch deren wundervolle Kräfte erhalten wird, indem letztere das intensivste bis jetzt bekannte Licht hervorbringt, und erstere dasselbe in weite Entfernungen unzerstreut fortleiten; — die Entdeckung der desinficirenden Kraft des Chlors und deren Anwendung zur Zerstörung von Miasmen und Contagien; — die Auffindung des Chinins, desjenigen wesentlichen Princips der Peruvianischen Chinarinde, worin deren fiebervertreibende Kraft ruht, eine Entdeckung, deren Wohlthat in ihrer ganzen Ausdehnung erst die Nachwelt erfahren wird, die aber jetzt schon angefangen hat, verhältnißmäßig Wohlsein

*) Durch ganz Frankreich hält man die Blitzableiter für höchst wirksam und nützlich, und in den Gegenden Deutschlands, wo die Gewitter noch häufiger und furchtbarer sind, sind sie fast allgemein geworden. Zu München ist kaum ein neueres Haus ohne sie, und sie sind dort viel besser, als die unsrigen, construirt — verschiedene zu einem Seil zusammengeflochtene Kupferdrähte.

und Gesundheit in durch verpestende Ausdünstungen beinahe verödete Gegenden zu verbreiten *); — und wenn wir hier aufhören, so geschieht es nicht etwa, weil das Verzeichniß erschöpft ist, sondern weil wir nicht ein solches, sondern nur Proben daraus mittheilen wollen.

46) Ein Beispiel jedoch wollen wir noch hinzufügen, um zu zeigen, wie eine ganz gewöhnliche, anscheinend nur zur Belustigung der Kinder oder zur Verschaffung eines wissenschaftlichen Spielwerks geeignete Wirkung zu einem Schutzmittel für das Menschenleben gegen ein sehr ernsthaftes und trauriges Uebel werden kann. In Nadelfabriken sind die Arbeiter, welche die Nadeln zuspitzen, beständig höchst kleinen Stahltheilchen ausgesetzt, die von den Schleifsteinen abfliegen, und als der feinste dem Auge unsichtbare Staub beim Athmen mit der Luft eingezogen werden. Die Wirkung davon, wenngleich unbemerkbar bei einer kurzen Exposition, erzeugt jedoch, von Tag zu Tage unaufhörlich wiederholt, einen von den Eigenschaften des Stahls abhängigen körperlichen Reiz, welcher unfehlbar mit einer Lungenschwindsucht endigt, so daß die zu dieser Arbeit gebrauchten Personen bisher kaum ein Alter von vierzig Jahren zu erreichen pflegten **). Vergebens versuchte man, die Luft vor ihrem Eintritt in die Lungen durch Hülfe von Gaze oder Leinen zu reinigen; der Staub ist zu fein und eindringend, als daß er durch so rohe Mittel abgehalten werden könnte; bis ein erfinderischer Kopf der wunderbaren Kraft gedachte, welche jedes Kind, das seiner Mutter Na-

*) Wir sind durch einen ausgezeichneten Arzt in Rom (Dr. Morichini) belehrt worden, daß eine ungeheure Menge von schwefelsaurem Chinin dort bereitet und in der Campagna verbraucht wird, mit augenscheinlich mildernder Einwirkung auf die Heftigkeit der aus der verdorbenen Luft entspringenden Leiden ihrer Bewohner.

**) Dr. Johnson, Memoirs of the Medical Society, vol. V.

del mit einem Magnet herbeizieht, oder die auf einem über einen Magnet gehaltenen Blatte Papier vor sich gehenden Bewegungen und Anordnungen von Eisenfeilspähnen bewundert, in Thätigkeit sieht. Es werden gegenwärtig Masken von magnetisirtem Stahldraht verfertigt und an den Gesichtern der Arbeiter angebracht. Durch diese wird die Luft nicht bloß filtrirt, sondern auch bei ihrem Durchgange durch sie gleichsam durchsucht, und jedes schädliche Stäubchen festgehalten und entfernt.

47) Vielleicht werden durch kein Resultat die Vortheile, die schon aus einer bloßen Kenntniß der gewöhnlichen Ordnung in der Natur, ohne irgend einen Versuch unsrerseits, sie abzuändern, und fern von jeder Betrachtung ihrer Ursachen, gezogen werden können, in ein so helles Licht gestellt, als durch das Institut der Lebensversicherungen. Nichts ist unsicherer, als das Leben eines einzelnen Individuums, und gerade das Gefühl dieser Unsicherheit hat solche Institute ins Leben gerufen. Sie sind ihrer Natur und ihren Gegenständen nach genau das Gegentheil von den Speculationen des Spiels, da ihr Zweck ist, Wechselfälle auszugleichen, und die pecuniären Verhältnisse zahlreicher Menschenmengen, so weit sie reichen, auf einen von individueller Zufälligkeit unabhängigen Fuß zu stellen. Um dieß mit dem größtmöglichen oder in der That mit einigem Vortheil überhaupt zu können, ist es nöthig, die Sterblichkeitsgesetze oder die aus einer großen Menge von Fällen hergeleiteten Durchschnittszahlen der Personen zu kennen, die in jeder Lebensperiode von der Kindheit bis zum Alter sterben. Dieß könnte auf den ersten Blick als eine hoffnungslose, Einigen vielleicht als eine vermessene Untersuchung erscheinen. Sie ist jedoch ausgeführt worden, und das Resultat derselben ist, daß, abgesehen von außerordentlichen Ereignissen, als Krieg, Seu-

chen u. dgl., eine merkwürdige Regelmäßigkeit dabei statt findet, völlig genügend, um als Grundlage nicht bloß für allgemeine Schätzungen, sondern auch für scharfe Berechnungen von Gefahren und Ereignissen zu dienen, dadurch den Erfolg eines jeden derartigen auf richtige Berechnungen gegründeten Instituts zu sichern, und so den von den Anstrengungen einzelner Individuen abhängigen Vermögensverhältnissen der Familien eine Stabilität zu verleihen, welche in der neueren Civilisation eine bedeutende Erscheinung bildet. Das einzige, was bei solchen Instituten zu befürchten ist, ist deren zu große Vervielfältigung und daraus folgende Concurrenz, wodurch bei ihren Vorstehern leicht eine Gewinnsucht und ein gegenseitiges Unterbieten erzeugt werden kann, woraus eben dasselbe Unglück, welchem vorzubeugen gerade der Zweck dieser Anstalten ist, in einer furchtbaren Ausdehnung hervorgehen kann.

48) Wir haben bisher bloß solche Fälle betrachtet, wo eine Kenntniß der Naturgesetze uns in den Stand setzt, unsern Zustand durch ein Entgegenwirken gegen Uebel zu verbessern, deren hülflose Opfer wir ohne ihren Besitz für immer hätten bleiben müssen. Jetzt wollen wir ebenso einen Blick auf jene Fälle werfen, wo wir im Stande sind, die Natur zur Vermehrung unserer gegenwärtigen Macht zu Hülfe zu rufen und uns dadurch zu Unternehmungen zu befähigen, welche ohne sie hoffnungslos erscheinen würden. Dazu ist es nun nothwendig, daß wir uns eine richtige Vorstellung davon machen, was jene verborgenen Kräfte der Natur sind, die wir nach Gefallen in Thätigkeit versetzen können; — wie weit sie das Maaß menschlicher Kraft übersteigen, und die Anstrengungen nicht bloß Einzelner, sondern ganzer Nationen zu Nichts machen.

49) Den heutigen Ingenieurs ist es wohl bekannt, daß ein Bushel Kohlen, richtig gebraucht, das Vermö-

gen besitzt, ein Gewicht von siebenzig Millionen Pfund einen Fuß hoch zu heben. Dieß ist wirklich der mittlere Effect einer zur Zeit in Cornwallis arbeitenden Dampfmaschine *). Wir wollen einen Augenblick dabei verweilen, und sehen, welchen in der Praxis sonst vorkommenden Wirkungen dieses gleichkommt.

50) Die Ersteigung des Montblanc vom Chamouni-Thale aus wird mit Recht als das Mühsamste betrachtet, was ein kräftiger Mann in zwei Tagen ausführen kann. Die Verbrennung zweier Bushel Kohlen würde ihn auf den Gipfel versetzen **).

51) Die Menai-Brücke, eines der staunenswürdigen in neuerer Zeit von Menschen hervorgebrachten Kunstwerke, besteht aus einer nicht weniger als vier Millionen Pfund wiegenden Masse von Eisen, welche in einer mittleren Höhe von ungefähr 120 Fuß über der See schwebt. Die Verbrennung von sieben Bushel Kohlen würde hingereicht haben, sie in die Lage, worin sie hängt, emporzuheben.

52) Die große Pyramide in Aegypten besteht aus Granit. Sie hat an der Basis 700 Fuß Seitenlänge und 500 Fuß senkrechte Höhe, und ruht auf einer Fläche von eilf Acres. Ihr Gewicht beträgt demnach 12,760 Millionen Pfund bei einer mittleren Höhe von 125 Fuß. Sie würde daher durch den Effect von ungefähr 630 Chaldrons Kohlen

*) Der Maschine zu Huel Towan. S. Mr. Henwood's Statement of the performance of steam-engines in Cornwall for April, May and June 1829. Brewster's Journal, Oct. 1829. Der höchste monatliche Durchschnittseffect beläuft sich auf 79 Millionen Pfund.

**) Dieß ist jedoch keine ganz treffende Angabe. Die tägliche Arbeit eines Mannes ist ungefähr 4 Pfund Kohlen gleich. Die große Beschwerde dieser Ersteigung rührt von anderen einleuchtenden Ursachen, als der bloßen Höhe her.

haben aufgerichtet werden können, eine Quantität, die in manchen Gießereien in einer Woche verbraucht wird.

53) Der jährliche Verbrauch an Kohlen in London wird auf 1,500000 Chaldrons geschätzt. Diese Quantität würde hinreichen, einen cubischen Marmorblock von 2200 Fuß Seite auf eine seiner eigenen gleiche Höhe emporzuheben, oder einen Berg von dieser Größe auf einen anderen gleichen zu setzen. Der Monte Nuovo bei Puzzuoli (der in einer einzigen Nacht durch vulkanische Thätigkeit entstanden ist) mag durch eine solche Gewalt aus 40,000 Fuß oder ungefähr acht Meilen Tiefe hervorgetrieben sein.

54) Es ist zu bemerken; daß bei der obigen Angabe die dem Feuer inwohnende Kraft viel zu gering geschätzt ist. Denn es wird von den Ingenieurs nicht behauptet, daß die Oeconomie des Feuers schon bis zur äußersten Grenze getrieben, oder daß seine ganze wirksame Kraft schon bei irgend einer bis jetzt erdachten Anwendung desselben zur Benutzung gekommen wäre; so daß wir vermuthlich der Wahrheit näher kommen würden, wenn wir 100 Millionen Pfund statt 70 annehmen.

55) Die Kraft des Windes und Wassers, die wir beständig zu unserm Dienste verwenden, kann kaum eine latente oder verborgene genannt werden, und doch ist es im Allgemeinen noch nicht völlig dargelegt, was sie für uns bewirkt. Wer die Vortheile erkennen will, die wir uns durch den Wind selbst zu Lande (um von der Schifffahrt zu schweigen) verschaffen können, mag seinen Blick nach Holland wenden. Ein großer Theil des werthvollsten und bevölkertsten Striches dieses Landes liegt bedeutend unter dem Niveau des Meeres, und wird gegen Ueberschwemmung nur durch die Unterhaltung von Eindämmungen geschützt. Obgleich diese hinreichen, den plötzlichen Andrang des Meeres abzuhalten, so können sie sich doch dem Naturgesetze

nicht widersetzen, nach welchem Flüssigkeiten vermöge ihres Strebens nach gleichem Niveau sich durch die Poren und unterirdischen Canäle eines losen sandigen Erdreichs hindurchdrängen, und dadurch die Gegend in einem Zustande beständiger Filtration von unten nach oben erhalten. Diesem entgegenzuwirken, und zugleich das Regenwasser, welches keinen natürlichen Abfluß hat, fortzuschaffen, ist auf den Dämmen eine große Anzahl von Pumpen errichtet, die durch Windmühlen getrieben das Wasser wie aus einem leck gewordenen Schiffe herausschöpfen, und in der That das Land vor Ueberschwemmung schützen, indem sie jeden Wind, der bläst, dazu benutzen. Den Haarlemmer See*) auszutrocknen, würde allen Speculanten, die keine Dampfmaschine zu verwenden, oder nicht in Holland kennen gelernt haben, was durch die beständige Wirkung der zwar ungeregelten, aber unermüdlichen Gewalt des Windes ausgerichtet werden kann, als ein unausführbares Project erscheinen. Der Holländische Ingenieur jedoch mißt dessen Oberfläche, berechnet die Zahl seiner Pumpen, und macht, im Vertrauen auf die Zeit und seine Erfahrung von der Wirksamkeit des Windes für den Erfolg seines Unternehmens, kühn seine Pläne zur Trockenlegung eines Binnensees, dessen eine Uferseite von der anderen aus nicht gesehen werden kann **).

*) Seine Oberfläche beträgt etwa 40,000 Acres und seine mittlere Tiefe 20 Fuß. Es war vorgeschlagen, ihn mit Dämmen zu durchziehen, und in kleinere Abtheilungen, zur leichteren Austrocknung vermittelst Windmühlen, zu zertheilen.

**) Niemand zweifelt an der Ausführbarkeit des Unternehmens. Acht bis neun tausend Chaldrons Kohlen, zweckmäßig verwendet, würden den ganzen Inhalt ausleeren. Viele bezweifeln aber dessen Nutzen, und Manche leugnen, daß es wünschenswerth sei, weil einige hundert Fischer, die jetzt durch den See ihre Ernährung finden, dadurch brodlos werden würden.

56) Auf das Schießpulver, als eine Quelle mechanischer Kraft, die Aufmerksamkeit zu lenken, scheint kaum nöthig zu sein; doch erlangen wir nur durch eine Einschließung desselben eine vollständige Idee von der ungeheuren Energie dieses erstaunenswürdigen Agens. In des Grafen Rumford Versuchen trieben acht und zwanzig Grains Schießpulver, in einem cylindrischen ganz davon angefüllten Raume eingeschlossen, ein Eisenstück aus einander, welches einem Zuge von 400,000 *) Pfunden widerstanden haben würde, wenn dieser auch auf eine eben so mechanisch vortheilhafte Art angebracht worden wäre.

57) Aber die Chemie giebt uns Mittel an die Hand, Kräfte von einer noch unendlich furchtbareren Stärke, als die des Schießpulvers sind, in plötzliche Wirksamkeit zu versetzen. Die schreckbare Heftigkeit verschiedener explodirender Verbindungen ist von der Art, daß sie nur mit jenen unbezähmbaren Thieren, deren wilde Stärke bisher jeder nützlichen Verwendung getrotzt hat, oder vielmehr mit solchen von einem Zauberer heraufbeschworenen Geistern verglichen werden kann, welche eine so zerstörende und unnahbare Gewalt offenbaren, daß er selbst nur zu glücklich ist, wenn er sein Buch zuschlagen und seinen Zauberstab zerbrechen kann, um nur unversehrt aus dem erregten Sturme entfliehen zu können. Solche Kräfte sind unsern Zwecken noch nicht dienstbar, wenn gleich sie es künftig noch werden können; aber in der Expansionskraft von Gasen, welche durch langsame Entbindung aus chemischen Verbindungen der Behandlung fähig werden, besitzen wir eine Schaar zwar geringerer, aber doch noch höchst bedeutender

*) Experiments to determine the Force of Gunpowder. Phil. Trans. vol. LXXXVII. p. 254.

Säure herzugeben *)? — daß sogar Sägespähne in eine dem Brodte nicht ganz unähnliche Substanz verwandelt werden können, die zwar gewiß weniger wohlschmeckend, als das aus Mehl bereitete Brodt, aber doch keineswegs unangenehm, und nicht nur gesund und verdaulich, sondern auch höchst nahrhaft ist **)? Welch eine Sparsamkeit ist bei allen Processen, in denen chemische Agentien angewandt werden, durch die genaue Kenntniß der Verhältnisse, in denen die Elemente der Körper sich vereinigen, und ihrer gegenseitigen Kräfte, einander zu verdrängen, eingeführt worden! Welche Vervollkommnung in allen den Künsten, worin das Feuer zur Anwendung kommt, sowohl in seinen höheren Graden (wie z. B. beim Schmelzen der Metalle durch Einführung zweckmäßiger Flußmittel, wodurch wir das ganze Product des Erzes in seinem reinsten Zustande erhalten), als auch in geringerer Stärke (wie beim Raffiniren des Zuckers, dessen neueres Verfahren lediglich auf einer feinen und treffenden Bemerkung eines verstorbenen ausgezeichneten wissenschaftlichen Chemikers, betreffend die genaue Bestimmung der Temperatur, bei welcher die Crystallisation des Zuckers statt findet, beruht); und so mit tausend anderen Künsten, welche aufzuzählen ermüdend sein würde!

60) Es ist kein Wunder, wenn, mit solchen Kräften und Hülfsmitteln ausgerüstet, der Mensch durch seinen Unternehmungsgeist zur Bildung und Ausführung von Entwürfen getrieben wird, die einem mit ihren Gründen Unbekannten ganz unverhältnißmäßig erscheinen würden. Hätte

*) D'Arcet, Annales de l'Industrie, Février 1829.

**) S. Dr. Prout's account of the experiments of professor Autenrieth of Tubingen. Phil. Trans. 1827. p. 381. Diese Entdeckung, welche eine Hungersnoth fast unmöglich macht, verdient mehr Ruhm, als ihr bisher zu Theil geworden ist.

man sie auf einmal vorbringen wollen, so würden wir sie ohne Zweifel als so beschaffen verworfen haben; aber da sie im langsamen Verlauf der Zeiten zur Entwickelung gekommen sind, so haben sie uns nur gelehrt, daß Dinge, die von einer Generation für unmöglich gehalten werden, in der nächsten leicht ausführbar werden können, und daß die Gewalt des Menschen über die Natur nur durch die eine Bedingung beschränkt ist, daß sie in Uebereinstimmung mit den Naturgesetzen ausgeübt werden muß. Er muß diese Gesetze studieren, wie die Beschaffenheit eines Pferdes, das er reiten, wie den Charakter einer Nation, die er beherrschen will; sobald er entweder ihre Grundregeln zu durchkreuzen sich erkühnt, oder seine Stärke mit der ihrigen zu messen wagt, empfindet er schmerzlich seine Schwäche, und empfängt die verdiente Strafe für seine Uebereilung und Thorheit. Will er sich aber andererseits dazu verstehen, die so reichlich zu seiner Verfügung gestellten Hülfsmittel zu gebrauchen, ohne sie zu mißbrauchen, und gehorchen um befehlen zu können, so scheint für die zunehmende Verbesserung des durchschnittlichen physischen Zustandes großer Massen von Menschen, für die Befriedigung ihrer Bedürfnisse und für die Vermehrung ihres Wohlbefindens und ihrer Bequemlichkeit kaum irgend eine Grenze denkbar zu sein. Ohne eine so übertriebene Ansicht aufzustellen, als daß das geringste Mitglied einer civilisirten Gesellschaft hinsichtlich seines physischen Zustandes über dem heroischen Wilden stehe, dem seine Kraft und ungehinderte Geschicklichkeit ein natürliches Uebergewicht über seine Mitbewohner des Waldes giebt, — werden wir wenigstens, wenn wir Gleiches mit Gleichem vergleichen, und die Menge menschlicher Wesen betrachten, welche bei einem vorgeschrittenen Zustande der Gesellschaft im Stande sind, in einem gewissen Grade von Wohlbehagen und Ueberfluß zu leben, zu

welchem bei einem weniger civilisirten Zustande höchstens nur wenige der glücklichsten gelangen können, nicht verfehlen, das Princip wahrzunehmen, auf welchem unsere Würdigung der Vortheile der Civilisation beruhen muß, und welches kaum mit geringerer Stärke auf irgend einen Grad derselben im Vergleich mit dem nächst geringeren, als auf den großen Unterschied zwischen civilisirtem und barbarischem Leben überhaupt anzuwenden ist.

61) Die Verschiedenheit in dem Maaße, in welchem die Individuen einer großen Gemeinschaft die Annehmlichkeiten des Lebens genießen, ist zu allen Zeiten ein Thema der Declamation und Unzufriedenheit gewesen, und es ist ohne Zweifel unsere höchste Verpflichtung, in jedem Zustande der Gesellschaft den Druck des rein übeln Theils dieser Vertheilung so viel wie möglich zu erleichtern, und durch alle erfinnlichen Mittel die unteren Glieder in der Kette der Gesellschaft vor einem Versinken in Unehre und Elend zu schützen. Es giebt jedoch einen Gesichtspunct, aus welchem das Gemälde in seinem Ausdruck wenigstens wesentlich verändert erscheint. Bei der Vergleichung der Gesellschaft in ihrer gegenwärtigen ungeheuren Ausbreitung mit ihrem früheren weniger entwickelten Zustande müssen wir jedenfalls Sorge tragen, jede Erscheinung in derselben in gleichem Verhältniß zu erweitern. Wenn wir bei der Vergleichung der allerniedrigsten Zustände im civilisirten und im wilden Leben zweifelhaft sind, welchem von beiden der Vorzug einzuräumen sei, so können wir doch hinsichtlich eines jeden höheren Grades nicht einen Augenblick darüber ungewiß sein; und wenn wir für die verschiedenen Abstufungen der Lebensverhältnisse eine ähnliche Vergleichung anstellen, so werden wir uns unfehlbar durch das Maaß räscher Vergrößerung getroffen fühlen, welches, so zu sagen, jede höhere Stufe in der Leiter zeigt, und welches, bei ei-

ner Schätzung nach Durchschnitten, dem gegenwärtigen Zustande der Menschheit ein ungeheures Uebergewicht über jeden früheren giebt, und, so weit wir zu beurtheilen vermögen, künftige Generationen in ein eben so viel höheres Verhältniß zu der jetzigen stellen wird, als in welchem diese zu den vorhergegangenen steht. Oder wir werden, um denselben Satz mit anderen Worten auszudrücken, wenn wir auch die Existenz jedes niederen Grades von Vortheil in einem höheren Zustande der Civilisation, gleichwie in dem vorhergehenden, zugeben, doch finden: erstens, daß, beide Zustände gegen einander gehalten, die verhältnißmäßige Menge Derjenigen, die sich eines höheren Grades von Vortheil erfreuen, mit beständig beschleunigter Geschwindigkeit im Fortschreiten der Gesellschaft zunimmt, und zweitens, daß das obere Ende der Stufenleiter beständig durch Hinzufügung neuer Grade erweitert wird. Der Zustand eines jetzigen Europäischen Fürsten übertrifft, hinsichtlich des Besitzes reeller Annehmlichkeiten und Lebensgenüsse, den eines Fürsten im Mittelalter eben so sehr, als dieses den Zustand eines seiner Unterthanen.

62) Die durch die Vermehrung unserer physischen Hülfsquellen vermittelst erweiterter Kenntniß und vervollkommneter Kunst gewonnenen Vortheile haben die besondere und merkwürdige Eigenschaft, daß sie ihrer Natur nach sich weit ausbreiten, und nicht in irgend ausschließender Weise nur von Wenigen genossen werden können. Ein morgenländischer Despot mag zu seinem eignen Gebrauch seinen Unterthanen ihre Reichthümer abpressen und ihre Kunstfertigkeit sich dienstbar machen; er mag einen unnatürlichen Glanz und Luxus um sich her verbreiten, und sich dadurch in einen seltsamen und widersinnigen Contrast zu dem allgemeinen Elend und Mangel seines Volks versetzen; er mag in Gold, Juwelen und gestickten Kleidern glänzen; —

der Wunder wohl erdachter und ausgeführter Manufacte, die wir täglich gebrauchen, und der Annehmlichkeiten, die in jeder Gestalt häuslicher Bequemlichkeit und für jeden gewöhnlichen Zweck im Leben von Tausenden erfunden, geprüft und vervollkommnet worden, kann er sich nimmer erfreuen. Um einen Zustand der Dinge hervorzubringen, wobei die physischen Vorzüge des civilisirten Lebens in hohem Grade bestehen können, muß der Reiz eines zunehmenden Wohlbefindens und beständig erhöheten Verlangens von Millionen empfunden worden sein; weil es nicht in der Macht weniger Individuen steht, jene ausgebreitete Nachfrage nach nützlichen und sinnreichen Erzeugnissen hervorzurufen, welche allein zu großen und schnellen Verbesserungen führen kann, wenn sie sich nicht auf das stützt, was aus der raschen Verbreitung derselben Vortheile unter der Masse der Menschen entspringt.

63) Wenn dieß von physischen Vorzügen wahr ist, so findet es in noch größerer Stärke auf intellectuelle Anwendung. Erkenntniß kann von Wenigen weder angemessen ausgebildet, noch genossen werden; und obgleich die Bedingungen unserer Existenz auf der Erde von der Art sein mögen, daß nicht Allen, welche geboren werden, eine überreichliche Befriedigung ihrer physischen Bedürfnisse verschafft werden kann, so ist doch gegen die Befriedigung unserer intellectuellen und moralischen Bedürfnisse kein solches Naturgesetz in Kraft. Erkenntniß wird nicht, wie Nahrung, durch den Gebrauch vernichtet, sondern vielmehr vermehrt und vervollkommnet. Sie erlangt durch allgemeinen Beifall vielleicht keine größere Gewißheit, doch aber wenigstens eine verstärkte Autorität und wahrscheinliche Dauer; und es ist kein System von Kenntnissen so vollständig, daß es nicht Zuwachs, oder so frei von Irrthum, daß es nicht Berichtigung erlangen sollte, indem es durch die Geister

von Millionen wandert. Diejenigen, welche Erkenntniß um ihrer selbst willen bewundern und lieben, müssen wünschen, ihre Elemente Allen zugänglich gemacht zu sehen, wäre es auch nur, damit diese gründlicher geprüft und aus ihnen wirksamer die richtigen Folgerungen entwickelt werden, und damit sie jene Ductilität und plastische Beschaffenheit annehmen mögen, welche allein der Druck der verschiedenartigsten Geister ihnen dadurch ertheilen kann, daß sie dieselben beständig für ihre Zwecke formen. Dazu aber ist es nothwendig, daß sie so viel wie möglich von künstlichen Schwierigkeiten entkleidet und von allen solchen technischen Bezeichnungen befreit werde, welche sie Uneingeweiheten nur in dem Lichte unzugänglicher Kunstgriffe und Mysterien erscheinen zu lassen streben. Die Wissenschaft hat freilich, wie jedes andere Ding, ihre eigenthümlichen Ausdrücke und, so zu sagen, ihre Sprachidiome, welche zu verlassen, wenn es auch möglich wäre, doch unweise sein würde; aber alles, was sie in ein seltsames und abstoßendes Gewand zu kleiden strebt, und besonders alles, was, um in ihren Lehrern einen Schein von Ueberlegenheit über die anderen Menschen zu unterhalten, einen unnöthigen Anstrich von Tiefe und Dunkelheit annimmt, sollte ohne Gnade geopfert werden. Dieses unterlassen, heißt absichtlich das Licht verschmähen, welches der unbefangene gesunde Menschenverstand auf jeden Gegenstand, selbst bei der Erläuterung der Principien, zu werfen vermag. Wo aber Principien auf practische Zwecke angewandt werden sollen, wird jenes ganz unerläßlich, da alle Menschen alsdann ein Interesse an deren so vollständigem Verständniß haben, daß bei ihrer Anwendung keine Mißgriffe entstehen können.

64) Dieselbe Bemerkung ist auf die Künste anzuwenden. Sie können nur vervollkommnet werden, wenn ihre Verfahrungsarten vollständig offen dargelegt werden; und

senschaften bewirkt wird, weit entfernt, auf ihre directen Folgen hinsichtlich einer reichlicheren Befriedigung unserer physischen Bedürfnisse oder einer Zunahme unsers Wohlbefindens beschränkt zu sein. So groß diese Wohlthaten auch sind, so sind sie doch nur Schritte zu anderen von noch höherer Art. Die erfolgreichen Resultate unserer Versuche und Raisonnements in der Naturwissenschaft und die unberechenbaren Vortheile, welche eine systematisch befragte und leidenschaftlos überdachte Erfahrung auf rein physicalische Gegenstände gebracht hat, streben nothwendig dahin, etwas von dem wohl erwogenen und progressiven Character der Wissenschaft der verwickelteren Leitung unserer socialen und moralischen Beziehungen einzuprägen. So werden Gesetzgebung und Politik allmählig als Erfahrungswissenschaften, und die Geschichte nicht, wie vormals, als eine Aufzeichnung von Tyranneien und Metzeleien, welche durch die Verewigung verwünschenswürdiger Thaten eines Zeitalters nur den Ehrgeiz, sie in jedem folgenden aufs Neue zu begehen, unterhält, sondern vielmehr als ein Archiv von Versuchen, erfolgreichen wie fehlgeschlagenen, betrachtet, welches durch stufenweise Vervollständigung zur Lösung des großen Problems führt — wie die Vortheile einer Regierung den Regierten mit den möglich geringsten Beschwerden gesichert werden können. Der berühmte Denkspruch, daß Nationen niemals aus Erfahrung Gewinn ziehen, wird von Jahr zu Jahr weniger wahr. Die politische Oeconomie wenigstens hat anerkanntermaßen gesunde, auf die moralische und physische Natur des Menschen gegründete Principien, welche, wie sehr sie auch immer bei besonderen Maaßregeln unbeachtet geblieben, selbst temporär verkehrt und verschrien worden sein mögen, dennoch in jeder folgenden Generation eine gültigere Bestätigung erlangt haben, wodurch sie, früher oder später, zur Herrschaft gelangen müssen. Ist ein-

mal die Idee, daß durch Aufwendung einer genügenden Menge ernster Gedanken und durch eine angemessene Verwendung von Mitteln große und edle Zwecke vollbracht werden können, durch welche der Zustand des ganzen Menschengeschlechts dauernd verbessert werden muß, gefaßt und bewahrheitet, so ist sie an sich auch hinreichend, uns zu der ernstlichen Ueberlegung zu leiten, welche Zwecke wahrhaft groß und edel sind, entweder an und für sich selbst, oder als hinführend zu anderen von noch erhabnerem Character; weil wir jetzt nicht, wie vormals, ohne Hoffnung sind, sie zu erreichen. Es ist jetzt nicht unschädlich und gleichgültig, ob wir recht oder verkehrt handeln, weil wir nicht länger ohnmächtig und hülflos dem Strome der Ereignisse unterworfen sind, sondern uns fähig fühlen, wenigstens mit seinen Wellen zu kämpfen, und vielleicht sie zu überwältigen. Denn warum sollten wir verzweifeln, daß die Vernunft, welche uns geschickt gemacht hat, die ganze Natur unseren Absichten zu unterwerfen, nicht auch (wenn die göttliche Vorsehung es zuläßt und dazu hilft) eine weit schwierigere Eroberung vollenden, und zuletzt Mittel finden werde, es der gesammten Weisheit der Menschen gelingen zu lassen, jene Hindernisse wegzuräumen, welche individuelle Kurzsichtigkeit, Selbstsucht und Leidenschaft allen Verbesserungen entgegenstellen, und durch welche die höchsten Hoffnungen beständig vereitelt, und die schönsten Aussichten vernichtet werden?

ten, wie sie in Büchern zusammengetragen, oder durch Tradition überliefert worden, zu verstehen ist. Erfahrung kann aber auf zwei Wegen gewonnen werden: entweder durch Aufzeichnung von Thatsachen, so wie diese vorfallen, ohne irgend einen Versuch, auf die Häufigkeit ihres Eintreffens Einfluß auszuüben, oder die dabei obwaltenden Umstände abzuändern, und das ist Beobachtung; oder aber dadurch, daß wir Ursachen und Agentien, die wir in unserer Gewalt haben, in Thätigkeit versetzen, absichtlich ihre Combinationen abändern, und anmerken, was für Wirkungen daraus hervorgehen, und das nennen wir einen Versuch. Diese beiden Quellen müssen wir als den Ursprung aller Naturwissenschaft ansehen. Es ist jedoch nicht unsere Absicht, Beobachtung und Versuch, indem wir sie so von einander unterscheiden, in irgend eine Art von Gegensatz zu stellen. Im Wesentlichen sind sie einander sehr ähnlich, und mehr dem Grade, als der Art nach von einander verschieden, so daß vielleicht die Ausdrücke passive und active Beobachtung besser ihre Verschiedenheit bezeichnen möchten. Nichts desto weniger ist es höchst wichtig, sowohl die verschiedenen Zustände der Seele bei den durch ihre respective Hülfe betriebenen Untersuchungen, als auch ihre verschiedene Einwirkung auf die Beförderung der Fortschritte der Wissenschaft zu beachten. Beim Beobachten sitzen wir still, und horchen mit mehr oder weniger lebhafter Aufmerksamkeit auf eine Erzählung, die uns, vielleicht dunkel, stückweise und in großen Zeitintervallen, vorgetragen wird. Erst durch eine nachfolgende reifliche Ueberlegung lernen wir ihre ganze Wichtigkeit kennen, und oft haben wir, wenn die Gelegenheit vorüber ist, zu beklagen, daß unsere Aufmerksamkeit nicht bestimmter auf irgend einen Punct gerichtet war, welcher anfänglich von geringerer Bedeutung zu seyn schien, dessen Wichtigkeit wir aber spä-

ter würdigen lernen. Beim Experimentiren hingegen befragen wir unsern Zeugen die Kreuz und Quere, und werden, indem wir seine verschiedenen Aussagen, während er noch vor uns steht, mit einander vergleichen, und über sie in seiner Gegenwart nachdenken, in den Stand gesetzt, scharf bestimmte Fragen aufzustellen, deren Beantwortung auf einmal unsern Geist zu erhellen vermöchte. Es hat sich daher auch ohne Ausnahme gezeigt, daß in solchen Theilen der Naturwissenschaft, worin die Erscheinungen nicht in unsrer Gewalt sich befinden, oder in welche aus anderen Ursachen keine experimentale Untersuchungen eingeführt worden sind, die Zunahme unsrer Erkenntniß langsam, ungewiß und unregelmäßig gewesen ist, während sie in solchen, welche Versuche zulassen, und in denen Versuche angestellt worden, rasch, sicher und beständig gewesen ist. So wissen wir z. B. von der Natur und den Ursachen der Vulcane, der Erdbeben, der Meteorsteine, des Erscheinens neuer und des Verschwindens älterer Sterne und anderer solcher großer Naturphänomene, die sich gänzlich unserer Einwirkung entziehen, und zugleich wegen ihres zu seltenen Eintreffens Niemanden eine Wiederholung und Berichtigung der von ihnen empfangenen Eindrücke verstatten, jetzt wenig mehr, als in den frühesten Zeiten. Hier wird unsere Erzählung uns langsam und in abgebrochenen Sätzen vorgetragen. In der Astronomie dagegen haben wir wenigstens eine ununterbrochene Erzählung; die Gelegenheit zu Beobachtungen ist stets vorhanden, und entschädigt einigermaßen für die Unmöglichkeit, unsern Gesichtspunct zu verändern und Belehrung in dem Augenblick, wo wir sie bedürfen, herbeizurufen. Daher gelangte die Astronomie als bloße Beobachtungswissenschaft, wenngleich mit sehr langsamen Schritten, doch zu einem Zustande großer Reife. Aber von dem Augenblick an, als sie ein Zweig der Me-

chanik, einer wesentlich experimentalen Wissenschaft (d. h. einer solchen, worin jedes aufgestellte Princip einem unmittelbaren und entscheidenden Versuche unterworfen werden kann, und auf Erfahrung nicht lange gewartet zu werden braucht), wurde, erlangten ihre Fortschritte plötzlich eine zehnfache Beschleunigung; ja, in solchem Grade, daß man, und wir glauben mit Wahrheit, behauptet hat, daß, wenn auch alle Beobachtungsverzeichnisse von den frühesten Zeiten an vernichtet würden, und nur die auf einer einzelnen Sternwarte *) von einem Einzelnen **) gemachten Beobachtungen übrig blieben, aus diesen Daten das Ganze dieser vollkommensten der Wissenschaften, was die in jenen enthaltenen Gegenstände betrifft, sofort wieder hergestellt werden könnte, und genau wieder so erscheinen würde, wie es vorher dastand. Um ein anderes Beispiel anzuführen, so konnte man von der Mineralogie, bis zu neuerer Zeit, kaum sagen, daß sie existire. Die Beschreibungen selbst der Edelsteine in den Schriften von Plinius und Theophrastus sind in den meisten Fällen kaum, und in vielen gar nicht genügend, jene danach zu erkennen. Neuere Beobachter hatten vermittelst einer sorgfältigeren Beachtung der äußeren Merkmale der Mineralien ein schönes ausführliches Verzeichniß von ihnen entworfen und verschiedene Versuche gemacht, die so erworbenen Kenntnisse methodisch anzuordnen, und selbst einige allgemeine Folgerungen hinsichtlich der Formen, die sie anzunehmen pflegen, abzuleiten. Aber erst von dem Augenblick an, als die chemische Analyse zur Zerlegung derselben in ihre Bestandtheile angewandt wurde, und Bergmann's Genie, durch einen glücklichen Zufall geleitet, die allgemeine Thatsache entdeckte, daß sie nach solchen Richtungen gespalten werden können, daß ihre ei-

*) Greenwich.

**) Maskelyne.

genthümliche primitive oder Grundform dadurch zum Vorschein kommt (die in ihnen verborgen liegt, wie man sich die Statue von ihrer Marmorhülle umgeben denken kann), — von dem Augenblick an hörte die Mineralogie auf, eine sinnlose Namenliste, ein bloßes mühsames Verzeichnen von Steinen und Bruchstücken zu sein, und wurde, was sie jetzt ist, eine regelmäßige, methodische und höchst wichtige Wissenschaft, worin jedes Jahr neue Beziehungen, neue Gesetze und neue practische Anwendungen zu Tage gefördert werden.

68). Wird die Erfahrung einmal als die Quelle aller unsrer Naturkenntniß anerkannt, so folgt, daß wir beim Studium der Natur und ihrer Gesetze uns durchaus vornehmen müssen, Vorurtheile als thöricht zu verbannen, oder wenigstens jede vorgefaßte Meinung darüber, wie in einem vorkommenden Falle die Ordnung der Natur beschaffen sein möge oder müsse, als voreilig zu unterdrücken, und daß wir uns begnügen müssen, das, was ist, als eine reine Sache der That, zu beobachten. Auf die Erfahrung berufen wir uns, als auf den Grund aller Naturforschung. Ehe aber die Erfahrung selbst mit Vortheil benutzt werden kann, müssen wir einen Schritt thun, der ganz allein von uns selbst abhängt: es ist die gänzliche Verbannung und Austreibung alles Vorurtheils, welchen Ursprung es auch haben möge, aus unserm Geiste, und der Entschluß, nach dem Erfolge einer directen Berufung auf Thatsachen in erster Instanz und weiterhin auf eine strenge logische Deduction von denselben, stehen und fallen zu wollen. Nun ist es aber nothwendig, zwei Arten von Vorurtheilen zu unterscheiden, welche eine sehr verschiedene Gewalt über die Seele ausüben, und überdieß in der Schwierigkeit sie abzulegen, und in dem dazu geeigneten Verfahren äußerst verschieden sind. Sie sind:

1) Vorurtheile der Meinung,
2) Vorurtheile der Sinne.

69) Unter Vorurtheilen der Meinung verstehen wir Meinungen, welche wir entweder auf die Behauptung Anderer, oder nach eigener oberflächlicher Ansicht, oder nach gemeiner Beobachtung voreilig ergreifen, und welche dadurch, daß wir sie beständig ohne Widerspruch zulassen, über unsern Geist die starke Gewalt der Gewohnheit angenommen haben. Dahin gehören die vormals bestandenen Meinungen, daß die Erde der größte Körper des Weltalls und in dem Mittelpuncte desselben unbeweglich festgestellt, und daß alles Uebrige in der Welt nur zu ihrem Nutzen erschaffen worden sei; daß es die Natur des Feuers und des Schalles sei, in die Höhe zu steigen; daß das Mondlicht kalt sei; daß der Thau aus der Luft herabfalle u. s. w.

70) Diese Vorurtheile zu bekämpfen und zu zerstören, können wir zwei Wege einschlagen, nämlich entweder die Unrichtigkeit der zu ihrer Unterstützung angeführten Thatsachen beweisen, oder zeigen, wie die Erscheinungen, welche sie zu bestätigen scheinen, befriedigender ohne ihre Annahme erklärt werden können. Aber es ist unglücklicherweise die Natur der Meinungsvorurtheile, daß sie in gewissem Grade jedem Geiste ankleben, und einigen Geistern mit hartnäckigem Widerstreben, pigris radicibus, auch nachdem jeder vernünftige Grund für deren Beibehaltung vernichtet worden, Gegen eine solche Disposition hat der die Naturwissenschaft Studierende mit seiner ganzen Kraft zu kämpfen. Wir sind jedoch nicht so unverständig, von ihm ein augenblickliches und entschiedenes Aufgeben aller seiner früheren Meinungen und Urtheile zu verlangen; alles, was wir von ihm fordern, ist, daß er sie ohne blinde Anhänglichkeit besitze, sie festhalte, bis er Ursache findet, sie zu prüfen, und bereit sei, ihnen zu entsagen, wenn sie sich als bestimmt

unhaltbar zeigen, und sie zu bezweifeln, wenn das Gewicht der Wahrscheinlichkeit ihnen augenscheinlich entgegen ist. Verweigert er dieß, so ist er für die Wissenschaft unzugänglich.

71) Unser Widerstand gegen die Vernichtung der anderen Classe von Vorurtheilen, der Sinne nämlich, ist gewöhnlich heftiger im Anfange, aber weniger anhaltend, als bei den Meinungsvorurtheilen. Der Evidenz unserer Sinne zu mißtrauen, scheint zwar eine so harte Anforderung zu sein, daß niemand sie werde erfüllen mögen. Aber nicht die directe Evidenz unserer Sinne werden wir in irgend einem Falle zu verwerfen aufgefordert, sondern vielmehr nur die irrigen Urtheile, die wir, uns unbewußt, uns darnach bilden, und auch dieß nur, wenn sich durch eine entgegenstehende Evidenz derselben Art zeigen läßt, daß sie irrig sind; wenn z. B. ein Sinn dahin gebracht wird, gegen einen andern Zeugniß zu geben, oder wenn derselbe Sinn nicht mit sich selbst, und wenn die einleuchtenden Folgerungen in beiden Fällen nicht mit einander übereinstimmen, so daß wir die Unrichtigkeit der einen oder anderen anzuerkennen genöthigt werden. So kann z. B. keine Folgerung vernünftiger, einleuchtender und unbestreitbarer zu sein scheinen, als die, daß die Farbe eines Gegenstandes eine eigenthümliche Eigenschaft desselben sei, wie sein Gewicht, seine Härte u. s. w.; und daß das Object sehen und es in seiner eigenen Farbe sehen, wenn nichts zwischen dasselbe und unsere Augen tritt, eins und dasselbe sei. Dennoch ist dieses bloß ein Vorurtheil, wie sich augenscheinlich ergiebt, wenn wir denselben Gesichtssinn, der uns zu jener Annahme verleitete, dahin bringen, eine entgegengesetzte Evidenz herbeizuführen. Denn wenn man in einem dunkeln Zimmer die verschieden gefärbten prismatischen Strahlen nach einander auf irgend ein Object fal-

ten, zwei Erbsen unter den Fingern zu haben. Halten wir uns, während wir Zimmet genießen, die Nase zu, so werden wir zwischen seinem Geschmack und dem von Holzsplähnen keinen Unterschied wahrnehmen.

73) Diese Beispiele, und unzählige andere, die wir noch anführen könnten, müssen uns überzeugen, daß wir, obgleich wir niemals in dem von äußeren Objecten auf uns gemachten sinnlichen Eindruck getäuscht werden, doch bei der Bildung unserer Urtheile darüber vielfach den Umständen preisgegeben sind, welche entweder die wirklich empfangenen Eindrücke modificiren, oder sie mit anderen verbinden, die wir mit verschiedenen Urtheilen zu verknüpfen gewohnt sind, und daß wir daher bei der Schätzung des Grades von Zutrauen, den wir in unsere Folgerungen setzen dürfen, nothwendig diese abändernden oder begleitenden Umstände, wie sie auch immer beschaffen sein mögen, in Rechnung bringen müssen. Wir reden hier demnach nicht von einer fehlerhaften Organisation, wie z. B. eine das Doppelsehen bewirkende Augenverdrehung ist, und noch weniger von Geistesverwirrung, durch welche die Bedeutung der sinnlichen Eindrücke durchaus verkehrt.

74) Da die Seele sich nicht an der Stelle der wahrnehmbaren Gegenstände befindet, und nicht in eine unmittelbare Beziehung zu ihnen gebracht wird, so können wir die sinnlichen Eindrücke nur als Signale betrachten, die von denselben durch einen wundervollen, uns unbegreiflichen Mechanismus der Seele zugeführt werden, welche sie empfängt und durchmustert, und sie, aus Gewohnheit und durch Zusammenfügung, mit entsprechenden Eigenschaften oder Affectionen in den Objecten verknüpft, eben so, wie jemand, der die Signale eines Telegraphen aufzeichnet und vergleicht, ihre Bedeutung auslegen mag. Hätte ein solcher z. B. beständig beobachtet, daß der Aufstellung eines

gewissen Zeichens am nächsten Tage jedesmal die Anzeige von der Ankunft eines Schiffes zu Portsmouth folgte, so würde er beide Thatsachen durch ein Glied von derselben Beschaffenheit mit einander verknüpfen, wie jenes, welches den Begriff eines großen hölzernen, mit Seeleuten angefüllten Gebäudes mit dem Eindruck seines Umrisses auf die Netzhaut in dem Auge eines am Ufer befindlichen Beobachters verbindet.

75). In des Capitains Head unterhaltender und lebendiger Beschreibung seiner Reise durch die Pampas von Süd-America kommt eine ganz hierher gehörige Anecdote vor. Sein Führer hielt ihn eines Tages plötzlich an, und rief, indem er mit dem Finger hoch in die Luft wies, laut aus: »Ein Löwe!« Verwundert über diesen Ausruf, der von einem solchen Zeichen begleitet war, richtete er seine Augen auf, und bemerkte dann mit Mühe in unermeßlicher Höhe eine Flucht von Condors um einen bestimmten Fleck im Kreise herumschwebend. Unter diesem Fleck lag, weit außerhalb seines und seines Führers Gesichtskreises, das Gerippe eines Pferdes, und auf diesem stand (wie der Führer wohl wußte) der Löwe, den die Condors mit Neid aus ihrer luftigen Höhe betrachteten. Das Signal der Vögel war für den Führer, was nur der Anblick des Löwen für den Reisenden hätte sein können: eine völlige Gewißheit seines Dortseins.

Zweites Capitel.

Von der Analyse der Phänomene.

76) Phänomene also, d. h. buchstäblich Erscheinungen, sind die wahrnehmbaren Resultate der zwischen äußeren Objecten oder deren Bestandtheilen vor sich gehenden Processe und Operationen; sie sind Signale derselben, die, wie bereits erwähnt worden, unserer Seele zugeführt werden. Nun können diese Processe selbst in vielen Fällen wahrnehmbar gemacht, d. h. analysirt werden, und es läßt sich zeigen, daß sie in Bewegungen oder anderen Affectionen der Objecte selbst bestehen. So kann z. B. gezeigt werden, daß der von einer Saite oder Glocke durch Anschlagen hervorgebrachte Klang das Resultat eines Vorgangs ist, welcher in der raschen schwingenden Bewegung ihrer Theile besteht, die zunächst der Luft und durch sie unserem Ohre mitgetheilt wird; obgleich die unmittelbare Wirkung auf unsere Gehörorgane nicht die geringste Idee einer solchen Bewegung erweckt. Andererseits giebt es aber auch unzählig viele wahrnehmbare Eindrücke, die wir (wenigstens jetzt) nicht über die bloße Empfindung hinaus verfolgen können, z. B. die Empfindung der Bitterkeit, Süßigkeit u. s. w. Diese würden wir daher, wenn wir zu übereilten Entscheidungen geneigt wären, als letzte Eigenschaften betrachten mögen. Aber das so eben angeführte Beispiel des Schalles kann allein schon uns Vorsicht in solchen Entscheidungen lehren, und uns geneigt machen, sie

für bloße Resultate irgend eines in unseren Geschmacksorganen vor sich gehenden Processes zu halten, der sich vermöge seiner Zartheit unserer Erkennung entzieht. Ein einfaches Beispiel wird dieses in helleres Licht setzen. Die Auflösungen der den Chemikern bekannten beiden Salze, des salpetersauren Silbers und des unterschwefligsauren Natrons haben, jede für sich in den Mund genommen, einen widerlich bitteren Geschmack; werden sie aber gemischt, oder die eine in den Mund gebracht, ehe der Geschmack von der anderen völlig verwischt ist, so entsteht die Empfindung einer intensiven Süßigkeit. Umgekehrt ist der Geschmack des wolframsauren Natrons zuerst süß, verwandelt sich aber schnell in einen streng und rein bitteren, gleich der Quassia *).

77) Wie weit wir überhaupt im Stande sein mögen, zu einer Kenntniß der letzten und inneren Processe der Natur bei der Hervorbringung der Phänomene zu gelangen, können wir auf keine Weise ausmitteln; aber nach dem Grade von Dunkelheit zu urtheilen, welchen wir schon in dem einen Falle antreffen, in welchem wir in uns selbst eine directe Kraft, irgend ein Phänomen hervorzubringen, fühlen, scheint keine große Hoffnung, so weit vorzudringen, vorhanden zu sein. Der Fall, auf den wir anspielen, ist die Erzeugung von Bewegung durch die Aeußerung von Kraft. Wir sind uns einer Kraft, unsere Glieder, und durch ihre Vermittelung andere Körper zu bewegen, bewußt, so wie, daß diese Wirkung das Resultat eines gewissen unerklärlichen Processes ist, den wir wahrnehmen, daß wir aber auf keine Weise in Worten ausdrücken können, wodurch wir Kraft äußern. Und selbst wenn eine solche Kraftäußerung keine sichtbare Wirkung hervorbringt (wie wenn wir unsere beiden Hände heftig gegen einander

*) Thomson's First Principles of Chemistry, vol. II. p. 68.

drücken, so daß die Anstrengungen beider einander entgegengesetzt sind), bemerken wir noch durch die Ermüdung und Erschöpfung, und durch die Unmöglichkeit, die Anstrengung lange zu unterhalten, daß in uns etwas vorgeht, wovon die Seele die wirksame, und der Wille die bestimmende Ursache ist. Dieser Eindruck, den wir von der Natur der Kraft durch unsere eigene Anstrengung und das Gefühl unserer Ermüdung bekommen, ist gänzlich verschieden von demjenigen, welchen wir von ihr durch den Anblick der Wirkung einer von Anderen zur Erzeugung von Bewegung geäußerten Kraft erlangen. Wäre das, was wir Bewegung nennen, nicht vorhanden, wären wir von Kindheit an in einem dunklen Kerker eingeschlossen und unsere Glieder mit Pflaster überzogen gewesen, so würde dieses innere Bewußtsein uns eine vollständige Vorstellung von Kraft verschaffen; aber in Freiheit gesetzt, würde allein Uebung uns fähig machen, ihre Aeußerung durch ihr Zeichen, Bewegung, zu erkennen, und dieß nur durch die Wahrnehmung, daß dieselbe Thätigkeit der Seele, welche uns in unserem beschränkten Zustande in den Stand setzt, uns durch die Anstrengung unserer Muskeln zu ermüden und zu erschöpfen, es in unsere Gewalt giebt, im unbeschränkten Zustande uns und andere Körper zu bewegen. Wie dunkel aber unsere Kenntniß von dem Processe ist, der in uns bei der Ausübung dieses wichtigen Privilegiums vor sich geht, kraft dessen allein wir als directe Ursachen wirken, können wir daraus abnehmen, daß, wenn wir irgend ein Glied in Bewegung setzen, der Sitz dieser Kraftäußerung uns in diesem Gliede zu sein scheint, während derselbe doch erweislich nicht darin, sondern entweder im Gehirn oder im Rückenmark sich befindet; wie daraus hervorgeht, daß, wenn eine zarte, zwischen dem Gliede und dem Gehirne oder Rückenmarke eine Verbindung bildende Fiber,

die wir Nerv nennen, an irgend einer Stelle ihres Laufs zerschnitten wird, das Glied, wie sehr wir uns auch anstrengen mögen, nicht mehr bewegt werden kann.

78) Dieses eine Beispiel der Dunkelheit, welche auf dem einzigen Acte directer Causation, von dem wir ein unmittelbares Bewußtsein haben, ruht, wird hinreichen, zu zeigen, wie gering die Aussicht ist, daß wir in der Erforschung der Natur jemals zu einer Kenntniß der letzten Ursachen zu gelangen fähig sein werden, und es wird uns lehren, unsern Blick auf die Kenntniß der Gesetze und auf die Analyse der verwickelten Phänomene zu beschränken, wodurch diese in einfachere aufgelöst werden, welche wir, indem sie uns keiner weiteren Zerlegung fähig zu sein scheinen, als Ursachen zu betrachten einwilligen müssen. Möge indeß niemand dieß als eine Beschränkung unserer Fähigkeiten beklagen. Wir haben hier einen weiten Raum und Gebiet genug für die vollständige Ausübung aller der Kräfte, die wir besitzen; und außerdem fügt es sich so, daß wir wirklich einen sehr großen Theil der Phänomene des Universums bis zu dieser einen Ursache, der Aeußerung mechanischer Kraft nämlich, verfolgen können, in der That einen so großen Theil derselben, daß man es zum Gegenstande der Speculation gemacht hat, ob nicht diese Kraft die einzige auf materielle Wesen einzuwirken fähige sein möchte.

79) Was wir unter einer Zerlegung verwickelter Phänomene in einfachere verstehen, wird am besten aus einem Beispiele erhellen. Nehmen wir dazu das Phänomen des Schalles, so werden wir durch eine Betrachtung der verschiedenen Fälle, in denen Schalle von allen Arten entstehen, finden, daß sie alle in folgenden Puncten übereinstimmen: — 1) Erregung einer Bewegung in dem schallenden Körper; 2) Mittheilung dieser Bewegung an die Luft oder

ein anderes zwischen dem schallenden Körper und unseren Ohren befindliches Zwischenmittel; 3) Fortpflanzung dieser Bewegung von Theilchen zu Theilchen innerhalb dieses Zwischenmittels in gehöriger Aufeinanderfolge; 4) Mittheilung derselben von den dem Ohre anliegenden Theilchen an das Ohr selbst; 5) Fortleitung derselben im Ohre vermittelst eines gewissen Mechanismus zu den Gehörnerven; 6) Erregung der Empfindung. Nun bemerken wir bei dieser Analyse, daß wir zwei Hauptsachen verstehen müssen, ehe wir eine richtige und vollständige Kenntniß des Schalles erlangen können: 1) die Erregung und Fortpflanzung der Bewegung; 2) die Entstehung der Empfindung. Diese also sind zwei andere Phänomene von einer einfacheren oder, richtiger gesagt, allgemeineren und elementareren Ordnung, in welche das verwickelte Phänomen des Schalles sich auflöst. Betrachten wir nun weiter die Mittheilung der Bewegung von Körper zu Körper, oder von einem Theilchen eines Körpers zum anderen, so werden wir finden, daß auch diese wieder in verschiedene andere Phänomene aufgelöst werden kann, nämlich in 1) die ursprüngliche Ertheilung der Bewegung an einen materiellen Körper oder irgend einen Theil desselben; 2) das Verhalten eines in Bewegung gesetzten Theilchens, wenn es einem anderen in seinem Wege liegenden begegnet, oder auf andere Weise durch seine Verbindung mit umgebenden Theilchen Einfluß und Hinderung erleidet; 3) das Verhalten dieser unter solchen Umständen Einfluß und Hinderung ausübenden Theilchen. Außerdem beruhen die letzteren beiden Punkte auf einem anderen, auch nothwendig zu betrachtenden Phänomene, nämlich dem Phänomene der Vereinigung der Theile materieller Körper zu Massen, wodurch sie Aggregate bilden, und fähig werden, gegenseitig auf ihre Bewegungen einzuwirken.

senschaften bewirkt wird, weit entfernt, auf ihre directen Folgen hinsichtlich einer reichlicheren Befriedigung unserer physischen Bedürfnisse oder einer Zunahme unsers Wohlbefindens beschränkt zu sein. So groß diese Wohlthaten auch sind, so sind sie doch nur Schritte zu anderen von noch höherer Art. Die erfolgreichen Resultate unserer Versuche und Raisonnements in der Naturwissenschaft und die unberechenbaren Vortheile, welche eine systematisch befragte und leidenschaftlos überdachte Erfahrung auf rein physicalische Gegenstände gebracht hat, streben nothwendig dahin, etwas von dem wohl erwogenen und progressiven Character der Wissenschaft der verwickelteren Leitung unserer socialen und moralischen Beziehungen einzuprägen. So werden Gesetzgebung und Politik allmählig als Erfahrungswissenschaften, und die Geschichte nicht, wie vormals, als eine Aufzeichnung von Tyranneien und Metzeleien, welche durch die Verewigung verwünschenswürdiger Thaten eines Zeitalters nur den Ehrgeiz, sie in jedem folgenden aufs Neue zu begehen, unterhält, sondern vielmehr als ein Archiv von Versuchen, erfolgreichen wie fehlgeschlagenen, betrachtet, welches durch stufenweise Vervollständigung zur Lösung des großen Problems führt — wie die Vortheile einer Regierung den Regierten mit den möglich geringsten Beschwerden gesichert werden können. Der berühmte Denkspruch, daß Nationen niemals aus Erfahrung Gewinn ziehen, wird von Jahr zu Jahr weniger wahr. Die politische Oeconomie wenigstens hat anerkanntermaßen gesunde, auf die moralische und physische Natur des Menschen gegründete Principien, welche, wie sehr sie auch immer bei besonderen Maaßregeln unbeachtet geblieben, selbst temporär verkehrt und verschrien worden sein mögen, dennoch in jeder folgenden Generation eine gültigere Bestätigung erlangt haben, wodurch sie, früher oder später, zur Herrschaft gelangen müssen. Ist ein-

mal die Idee, daß durch Aufwendung einer genügenden Menge ernster Gedanken und durch eine angemessene Verwendung von Mitteln große und edle Zwecke vollbracht werden können, durch welche der Zustand des ganzen Menschengeschlechts dauernd verbessert werden muß, gefaßt und bewahrheitet, so ist sie an sich auch hinreichend, uns zu der ernstlichen Ueberlegung zu leiten, welche Zwecke wahrhaft groß und edel sind, entweder an und für sich selbst, oder als hinführend zu anderen von noch erhabnerem Character; weil wir jetzt nicht, wie vormals, ohne Hoffnung sind, sie zu erreichen. Es ist jetzt nicht unschädlich und gleichgültig, ob wir recht oder verkehrt handeln, weil wir nicht länger ohnmächtig und hülflos dem Strome der Ereignisse unterworfen sind, sondern uns fähig fühlen, wenigstens mit seinen Wellen zu kämpfen, und vielleicht sie zu überwältigen. Denn warum sollten wir verzweifeln, daß die Vernunft, welche uns geschickt gemacht hat, die ganze Natur unseren Absichten zu unterwerfen, nicht auch (wenn die göttliche Vorsehung es zuläßt und dazu hilft) eine weit schwierigere Eroberung vollenden, und zuletzt Mittel finden werde, es der gesammten Weisheit der Menschen gelingen zu lassen, jene Hindernisse wegzuräumen, welche individuelle Kurzsichtigkeit, Selbstsucht und Leidenschaft allen Verbesserungen entgegenstellen, und durch welche die höchsten Hoffnungen beständig vereitelt, und die schönsten Aussichten vernichtet werden?

Zweiter Theil.

Von den Principien, auf welche die Naturwissenschaft zu erfolgreichem Betriebe gegründet, und von den Regeln, nach welchen eine systematische Erforschung der Natur geleitet werden muß, mit Erläuterungen ihres Einflusses durch Beispiele aus der Geschichte ihrer Fortschritte.

Erstes Capitel.

Von der Erfahrung, als der Quelle unseres Wissens. — Von der Ablegung der Vorurtheile. — Von der Evidenz unserer Sinne.

66) In die abstracte Wissenschaft geht, wie wir oben bemerkt haben, der Begriff der Ursache nicht ein. Die Wahrheiten, mit denen sie sich beschäftigt, sind nothwendige und bestehen unabhängig von Ursachen. Es mag ein im Raume gezeichnetes geradliniges Dreieck als wirkli-

ches Ding nicht vorhanden sein; sobald wir aber ein solches im Geiste auffassen, können wir nicht in Abrede stellen, daß seine drei Winkel zweien rechten gleich sind; und wenn wir dazu noch annehmen, daß einer seiner Winkel ein rechter sei, so müssen wir auch sofort zugeben, daß die Summe der Quadrate der beiden den rechten Winkel einschließenden Seiten gleich ist dem Quadrate der ihm gegenüberliegenden Seite. Das Gegentheil behaupten, hieße in der That leugnen, daß das Dreieck rechtwinklig ist. Nichts verursacht oder bewirkt, daß alle Diameter einer Ellipse in deren Mittelpuncte in zwei gleiche Theile getheilt sind. Das Gegentheil behaupten, hieße, nicht etwa gegen eine Gewalt uns auflehnen, sondern unsere eigenen Worte verleugnen. In der Naturwissenschaft dagegen sind Ursache und Wirkung die letzten Beziehungen, die wir betrachten, sowie Gesetze, ob auferlegt oder beobachtet, welche, so viel wir übersehen können, auch andere gewesen sein könnten, als sie sind. Diese Unterscheidung ist sehr wichtig. Ein gewandter Mann, allein eingeschlossen, könnte, wenn ihm unbeschränkte Zeit gegeben würde, aus sich selbst alle Wahrheiten der Mathematik entdecken, indem er von jenen einfachen Begriffen von Raum und Zahl ausgienge, von denen er sich nicht lossagen könnte, ohne zu denken aufzuhören. Aber nie würde er, wie sehr er auch seine Denkkraft anstrengen möchte, ersinnen können, was aus einem in Wasser gelegten Stück Zucker werden, oder welch einen Eindruck sein Auge von einer Mischung gelber und blauer Farbe empfangen würde.

67) So sehen wir uns denn an die Erfahrung als die mächtige und in der That einzige letzte Quelle unserer Naturkenntniß verwiesen; worunter aber nicht die Erfahrung eines einzelnen Menschen oder einer Generation, sondern die angehäufte Erfahrung aller Menschen zu allen Zei-

ten, wie sie in Büchern zusammengetragen, oder durch Tradition überliefert worden, zu verstehen ist. Erfahrung kann aber auf zwei Wegen gewonnen werden: entweder durch Aufzeichnung von Thatsachen, so wie diese vorfallen, ohne irgend einen Versuch, auf die Häufigkeit ihres Eintreffens Einfluß auszuüben, oder die dabei obwaltenden Umstände abzuändern, und das ist Beobachtung; oder aber dadurch, daß wir Ursachen und Agentien, die wir in unserer Gewalt haben, in Thätigkeit versetzen, absichtlich ihre Combinationen abändern, und anmerken, was für Wirkungen daraus hervorgehen, und das nennen wir einen Versuch. Diese beiden Quellen müssen wir als den Ursprung aller Naturwissenschaft ansehen. Es ist jedoch nicht unsere Absicht, Beobachtung und Versuch, indem wir sie so von einander unterscheiden, in irgend eine Art von Gegensatz zu stellen. Im Wesentlichen sind sie einander sehr ähnlich, und mehr dem Grade, als der Art nach von einander verschieden, so daß vielleicht die Ausdrücke passive und active Beobachtung besser ihre Verschiedenheit bezeichnen möchten. Nichts desto weniger ist es höchst wichtig, sowohl die verschiedenen Zustände der Seele bei den durch ihre respective Hülfe betriebenen Untersuchungen, als auch ihre verschiedene Einwirkung auf die Beförderung der Fortschritte der Wissenschaft zu beachten. Beim Beobachten sitzen wir still, und horchen mit mehr oder weniger lebhafter Aufmerksamkeit auf eine Erzählung, die uns, vielleicht dunkel, stückweise und in großen Zeitintervallen, vorgetragen wird. Erst durch eine nachfolgende reifliche Ueberlegung lernen wir ihre ganze Wichtigkeit kennen, und oft haben wir, wenn die Gelegenheit vorüber ist, zu beklagen, daß unsere Aufmerksamkeit nicht bestimmter auf irgend einen Punct gerichtet war, welcher anfänglich von geringerer Bedeutung zu sein schien, dessen Wichtigkeit wir aber spä-

ter würdigen lernen. Beim Experimentiren hingegen befragen wir unsern Zeugen die Kreuz und Quere, und werden, indem wir seine verschiedenen Aussagen, während er noch vor uns steht, mit einander vergleichen, und über sie in seiner Gegenwart nachdenken, in den Stand gesetzt, scharf bestimmte Fragen aufzustellen, deren Beantwortung auf einmal unsern Geist zu erhellen vermöchte. Es hat sich daher auch ohne Ausnahme gezeigt, daß in solchen Theilen der Naturwissenschaft, worin die Erscheinungen nicht in unsrer Gewalt sich befinden, oder in welche aus anderen Ursachen keine experimentale Untersuchungen eingeführt worden sind, die Zunahme unsrer Erkenntniß langsam, ungewiß und unregelmäßig gewesen ist, während sie in solchen, welche Versuche zulassen, und in denen Versuche angestellt worden, rasch, sicher und beständig gewesen ist. So wissen wir z. B. von der Natur und den Ursachen der Vulcane, der Erdbeben, der Meteorsteine, des Erscheinens neuer und des Verschwindens älterer Sterne und anderer solcher großer Naturphänomene, die sich gänzlich unserer Einwirkung entziehen, und zugleich wegen ihres zu seltenen Eintreffens Niemanden eine Wiederholung und Berichtigung der von ihnen empfangenen Eindrücke verstatten, jetzt wenig mehr, als in den frühesten Zeiten. Hier wird unsere Erzählung uns langsam und in abgebrochenen Sätzen vorgetragen. In der Astronomie dagegen haben wir wenigstens eine ununterbrochene Erzählung; die Gelegenheit zu Beobachtungen ist stets vorhanden, und entschädigt einigermaßen für die Unmöglichkeit, unsern Gesichtspunct zu verändern und Belehrung in dem Augenblick, wo wir sie bedürfen, herbeizurufen. Daher gelangte die Astronomie als bloße Beobachtungswissenschaft, wenngleich mit sehr langsamen Schritten, doch zu einem Zustande großer Reife. Aber von dem Augenblick an, als sie ein Zweig der Me-

chanik, einer wesentlich experimentalen Wissenschaft (d. h. einer solchen, worin jedes aufgestellte Princip einem unmittelbaren und entscheidenden Versuche unterworfen werden kann, und auf Erfahrung nicht lange gewartet zu werden braucht), wurde, erlangten ihre Fortschritte plötzlich eine zehnfache Beschleunigung; ja, in solchem Grade, daß man, und wir glauben mit Wahrheit, behauptet hat, daß, wenn auch alle Beobachtungsverzeichnisse von den frühesten Zeiten an vernichtet würden, und nur die auf einer einzelnen Sternwarte *) von einem Einzelnen **) gemachten Beobachtungen übrig blieben, aus diesen Daten das Ganze dieser vollkommensten der Wissenschaften, was die in jenen enthaltenen Gegenstände betrifft, sofort wieder hergestellt werden könnte, und genau wieder so erscheinen würde, wie es vorher dastand. Um ein anderes Beispiel anzuführen, so konnte man von der Mineralogie, bis zu neuerer Zeit, kaum sagen, daß sie existire. Die Beschreibungen selbst der Edelsteine in den Schriften von Plinius und Theophrastus sind in den meisten Fällen kaum, und in vielen gar nicht genügend, jene danach zu erkennen. Neuere Beobachter hatten vermittelst einer sorgfältigeren Beachtung der äußeren Merkmale der Mineralien ein schönes ausführliches Verzeichniß von ihnen entworfen und verschiedene Versuche gemacht, die so erworbenen Kenntnisse methodisch anzuordnen, und selbst einige allgemeine Folgerungen hinsichtlich der Formen, die sie anzunehmen pflegen, abzuleiten. Aber erst von dem Augenblick an, als die chemische Analyse zur Zerlegung derselben in ihre Bestandtheile angewandt wurde, und Bergmann's Genie, durch einen glücklichen Zufall geleitet, die allgemeine Thatsache entdeckte, daß sie nach solchen Richtungen gespalten werden können, daß ihre ei-

*) Greenwich.

**) Maskelyne.

genthümliche primitive oder Grundform dadurch zum Vorschein kommt (die in ihnen verborgen liegt, wie man sich die Statue von ihrer Marmorhülle umgeben denken kann), — von dem Augenblick an hörte die Mineralogie auf, eine sinnlose Namenliste, ein bloßes mühsames Verzeichnen von Steinen und Bruchstücken zu sein, und wurde, was sie jetzt ist, eine regelmäßige, methodische und höchst wichtige Wissenschaft, worin jedes Jahr neue Beziehungen, neue Gesetze und neue practische Anwendungen zu Tage gefördert werden.

68) Wird die Erfahrung einmal als die Quelle aller unserer Naturkenntniß anerkannt, so folgt, daß wir beim Studium der Natur und ihrer Gesetze uns durchaus vornehmen müssen, Vorurtheile als thöricht zu verbannen, oder wenigstens jede vorgefaßte Meinung darüber, wie in einem vorkommenden Falle die Ordnung der Natur beschaffen sein möge oder müsse, als voreilig zu unterdrücken, und daß wir uns begnügen müssen, das, was ist, als eine reine Sache der That, zu beobachten. Auf die Erfahrung berufen wir uns, als auf den Grund aller Naturforschung. Ehe aber die Erfahrung selbst mit Vortheil benutzt werden kann, müssen wir einen Schritt thun, der ganz allein von uns selbst abhängt: es ist die gänzliche Verbannung und Austreibung alles Vorurtheils, welchen Ursprung es auch haben möge, aus unserm Geiste, und der Entschluß, nach dem Erfolge einer directen Berufung auf Thatsachen in erster Instanz und weiterhin auf eine strenge logische Deduction von denselben, stehen und fallen zu wollen. Nun ist es aber nothwendig, zwei Arten von Vorurtheilen zu unterscheiden, welche eine sehr verschiedene Gewalt über die Seele ausüben, und überdieß in der Schwierigkeit sie abzulegen, und in dem dazu geeigneten Verfahren äußerst verschieden sind. Sie sind:

1) Vorurtheile der Meinung,
2) Vorurtheile der Sinne.

69) Unter Vorurtheilen der Meinung verstehen wir Meinungen, welche wir entweder auf die Behauptung Anderer, oder nach eigener oberflächlicher Ansicht, oder nach gemeiner Beobachtung voreilig ergreifen, und welche dadurch, daß wir sie beständig ohne Widerspruch zulassen, über unsern Geist die starke Gewalt der Gewohnheit angenommen haben. Dahin gehören die vormals bestandenen Meinungen, daß die Erde der größte Körper des Weltalls und in dem Mittelpuncte desselben unbeweglich festgestellt, und daß alles Uebrige in der Welt nur zu ihrem Nutzen erschaffen worden sei; daß es die Natur des Feuers und des Schalles sei, in die Höhe zu steigen; daß das Mondlicht kalt sei; daß der Thau aus der Luft herabfalle u. s. w.

70) Diese Vorurtheile zu bekämpfen und zu zerstören, können wir zwei Wege einschlagen, nämlich entweder die Unrichtigkeit der zu ihrer Unterstützung angeführten Thatsachen beweisen, oder zeigen, wie die Erscheinungen, welche sie zu bestätigen scheinen, befriedigender ohne ihre Annahme erklärt werden können. Aber es ist unglücklicherweise die Natur der Meinungsvorurtheile, daß sie in gewissem Grade jedem Geiste ankleben, und einigen Geistern mit hartnäckigem Widerstreben, pigris radicibus, auch nachdem jeder vernünftige Grund für deren Beibehaltung vernichtet worden, Gegen eine solche Disposition hat der die Naturwissenschaft Studierende mit seiner ganzen Kraft zu kämpfen. Wir sind jedoch nicht so unverständig, von ihm ein augenblickliches und entschiedenes Aufgeben aller seiner früheren Meinungen und Urtheile zu verlangen; alles, was wir von ihm fordern, ist, daß er sie ohne blinde Anhänglichkeit besitze, sie festhalte, bis er Ursache findet, sie zu prüfen, und bereit sei, ihnen zu entsagen, wenn sie sich als bestimmt

unhaltbar zeigen, und sie zu bezweifeln, wenn das Gewicht der Wahrscheinlichkeit ihnen augenscheinlich entgegen ist. Verweigert er dieß, so ist er für die Wissenschaft unzugänglich.

71) Unser Widerstand gegen die Vernichtung der anderen Classe von Vorurtheilen, der Sinne nämlich, ist gewöhnlich heftiger im Anfange, aber weniger anhaltend, als bei den Meinungsvorurtheilen. Der Evidenz unserer Sinne zu mißtrauen, scheint zwar eine so harte Anforderung zu sein, daß niemand sie werde erfüllen mögen. Aber nicht die directe Evidenz unserer Sinne werden wir in irgend einem Falle zu verwerfen aufgefordert, sondern vielmehr nur die irrigen Urtheile, die wir, uns unbewußt, uns darnach bilden, und auch dieß nur, wenn sich durch eine entgegenstehende Evidenz derselben Art zeigen läßt, daß sie irrig sind; wenn z. B. ein Sinn dahin gebracht wird, gegen einen andern Zeugniß zu geben, oder wenn derselbe Sinn nicht mit sich selbst, und wenn die einleuchtenden Folgerungen in beiden Fällen nicht mit einander übereinstimmen, so daß wir die Unrichtigkeit der einen oder anderen anzuerkennen genöthigt werden. So kann z. B. keine Folgerung vernünftiger, einleuchtender und unbestreitbarer zu sein scheinen, als die, daß die Farbe eines Gegenstandes eine eigenthümliche Eigenschaft desselben sei, wie sein Gewicht, seine Härte u. s. w.; und daß das Object sehen und es in seiner eigenen Farbe sehen, wenn nichts zwischen dasselbe und unsere Augen tritt, eins und dasselbe sei. Dennoch ist dieses bloß ein Vorurtheil, wie sich augenscheinlich ergiebt, wenn wir denselben Gesichtssinn, der uns zu jener Annahme verleitete, dahin bringen, eine entgegengesetzte Evidenz herbeizuführen. Denn wenn man in einem dunkeln Zimmer die verschieden gefärbten prismatischen Strahlen nach einander auf irgend ein Object fal-

len läßt, so wird es, wie auch immer seine sogenannte eigenthümliche Farbe beschaffen sein mag, stets in der besonderen Farbe des auf dasselbe fallenden Lichtstrahls erscheinen. Ein gelbes Papier z. B. wird, durch rothe Strahlen erleuchtet, roth, durch gelbe gelb, durch blaue blau erscheinen, wobei von seiner sogenannten eigenthümlichen Farbe nicht das mindeste der, die es so zeigt, beigemischt ist.

72) Wir wollen noch einige Beispiele von der Art von Täuschung anführen, welche die Sinne, oder eigentlicher wir selbst, durch eine falsche Deutung ihrer Evidenz bei uns bewirken. Der Mond erscheint bei seinem Auf- und Untergange viel größer, als wenn er hoch am Himmel steht. Dieß ist aber bloß ein irriges Urtheil; denn wenn wir seinen Durchmesser zu messen unternehmen, so finden wir diesen, unserer Meinung gerade entgegen, im ersten Falle in der That kleiner. Hier tritt eine Anschauung der anderen gegenüber, jedoch die eine mit dem Uebergewicht einer überlegten Abmessung. Bei der Bauchrednerei geräth unser Gehör mit allen übrigen Sinnen in Zwiespalt, besonders mit dem Gesicht, welchem dabei von jenem oft auf eine sehr außerordentliche und erstaunende Weise widersprochen wird, so daß es scheint, als ob die Stimme aus einem leblosen und unbeweglichen Gegenstande hervorkäme. Tauchen wir die eine Hand in eiskaltes, die andere in möglichst heißes Wasser, und bringen sie, nachdem sie eine Weile sich darin befunden haben, beide in ein mit Wasser von der Blutwärme angefülltes Gefäß, so wird die erste Gefühl von Wärme, die andere ein Gefühl von Kälte empfinden. Wenn wir die zwei ersten Finger einer Hand kreuzen, zwischen sie eine Erbse legen, und diese auf einem Tische hin und her bewegen und rollen, so werden wir (besonders bei geschlossenen Augen) uns völlig überzeugt hal-

ten, zwei Erbsen unter den Fingern zu haben. Halten wir uns, während wir Zimmet genießen, die Nase zu, so werden wir zwischen seinem Geschmack und dem von Holzspähnen keinen Unterschied wahrnehmen.

73) Diese Beispiele, und unzählige andere, die wir noch anführen könnten, müssen uns überzeugen, daß wir, obgleich wir niemals in dem von äußeren Objecten auf uns gemachten sinnlichen Eindruck getäuscht werden, doch bei der Bildung unserer Urtheile darüber vielfach den Umständen preisgegeben sind, welche entweder die wirklich empfangenen Eindrücke modificiren, oder sie mit anderen verbinden, die wir mit verschiedenen Urtheilen zu verknüpfen gewohnt sind; und daß wir daher bei der Schätzung des Grades von Zutrauen, den wir in unsere Folgerungen setzen dürfen, nothwendig diese abändernden oder begleitenden Umstände, wie sie auch immer beschaffen sein mögen, in Rechnung bringen müssen. Wir reden hier demnach nicht von einer fehlerhaften Organisation, wie z. B. eine das Doppelsehen bewirkende Augenverdrehung ist, und noch weniger von Geistesverwirrung, durch welche die Bedeutung der sinnlichen Eindrücke durchaus verkehrt.

74) Da die Seele sich nicht an der Stelle der wahrnehmbaren Gegenstände befindet, und nicht in eine unmittelbare Beziehung zu ihnen gebracht wird, so können wir die sinnlichen Eindrücke nur als Signale betrachten, die von denselben durch einen wundervollen, uns unbegreiflichen Mechanismus der Seele zugeführt werden, welche sie empfängt und durchmustert, und sie, aus Gewohnheit und durch Zusammenfügung, mit entsprechenden Eigenschaften oder Affectionen in den Objecten verknüpft, eben so, wie jemand, der die Signale eines Telegraphen aufzeichnet und vergleicht, ihre Bedeutung auslegen mag. Hätte ein solcher z. B. beständig beobachtet, daß der Aufstellung eines

gewissen Zeichens am nächsten Tage jedesmal die Anzeige von der Ankunft eines Schiffes zu Portsmouth folgte, so würde er beide Thatsachen durch ein Glied von derselben Beschaffenheit mit einander verknüpfen, wie jenes, welches den Begriff eines großen hölzernen, mit Seeleuten angefüllten Gebäudes mit dem Eindruck seines Umrisses auf die Netzhaut in dem Auge eines am Ufer befindlichen Beobachters verbindet.

75) In des Capitains Head unterhaltender und lebendiger Beschreibung seiner Reise durch die Pampas von Süd-America kommt eine ganz hierher gehörige Anecdote vor. Sein Führer hielt ihn eines Tages plötzlich an, und rief, indem er mit dem Finger hoch in die Luft wies, laut aus: »Ein Löwe!« Verwundert über diesen Ausruf, der von einem solchen Zeichen begleitet war, richtete er seine Augen auf, und bemerkte dann mit Mühe in unermeßlicher Höhe eine Flucht von Condors um einen bestimmten Fleck im Kreise herumschwebend. Unter diesem Fleck lag, weit außerhalb seines und seines Führers Gesichtskreises, das Gerippe eines Pferdes, und auf diesem stand (wie der Führer wohl wußte) der Löwe, den die Condors mit Neid aus ihrer luftigen Höhe betrachteten. Das Signal der Vögel war für den Führer, was nur der Anblick des Löwen für den Reisenden hätte sein können: eine völlige Gewißheit seines Dortseins.

Zweites Capitel.

Von der Analyse der Phänomene.

76) Phänomene also, d. h. buchstäblich Erscheinungen, sind die wahrnehmbaren Resultate der zwischen äußeren Objecten oder deren Bestandtheilen vor sich gehenden Processe und Operationen; sie sind Signale derselben, die, wie bereits erwähnt worden, unserer Seele zugeführt werden. Nun können diese Processe selbst in vielen Fällen wahrnehmbar gemacht, d. h. analysirt werden, und es läßt sich zeigen, daß sie in Bewegungen oder anderen Affectionen der Objecte selbst bestehen. So kann z. B. gezeigt werden, daß der von einer Saite oder Glocke durch Anschlagen hervorgebrachte Klang das Resultat eines Vorgangs ist, welcher in der raschen schwingenden Bewegung ihrer Theile besteht, die zunächst der Luft und durch sie unserem Ohre mitgetheilt wird; obgleich die unmittelbare Wirkung auf unsere Gehörorgane nicht die geringste Idee einer solchen Bewegung erweckt. Andererseits giebt es aber auch unzählig viele wahrnehmbare Eindrücke, die wir (wenigstens jetzt) nicht über die bloße Empfindung hinaus verfolgen können, z. B. die Empfindung der Bitterkeit, Süßigkeit u. s. w. Diese würden wir daher, wenn wir zu übereilten Entscheidungen geneigt wären, als letzte Eigenschaften betrachten mögen. Aber das so eben angeführte Beispiel des Schalles kann allein schon uns Vorsicht in solchen Entscheidungen lehren, und uns geneigt machen, sie

für bloße Resultate irgend eines in unseren Geschmacksorganen vor sich gehenden Processes zu halten, der sich vermöge seiner Zartheit unserer Erkennung entzieht. Ein einfaches Beispiel wird dieses in helleres Licht setzen. Die Auflösungen der den Chemikern bekannten beiden Salze, des salpetersauren Silbers und des unterschwefligsauren Natrons haben, jede für sich in den Mund genommen, einen widerlich bitteren Geschmack; werden sie aber gemischt, oder die eine in den Mund gebracht, ehe der Geschmack von der anderen völlig verwischt ist, so entsteht die Empfindung einer intensiven Süßigkeit. Umgekehrt ist der Geschmack des wolframsauren Natrons zuerst süß, verwandelt sich aber schnell in einen streng und rein bitteren, gleich der Quassia *).

77) Wie weit wir überhaupt im Stande sein mögen, zu einer Kenntniß der letzten und inneren Processe der Natur bei der Hervorbringung der Phänomene zu gelangen, können wir auf keine Weise ausmitteln; aber nach dem Grade von Dunkelheit zu urtheilen, welchen wir schon in dem einen Falle antreffen, in welchem wir in uns selbst eine directe Kraft, irgend ein Phänomen hervorzubringen, fühlen, scheint keine große Hoffnung, so weit vorzudringen, vorhanden zu sein. Der Fall, auf den wir anspielen, ist die Erzeugung von Bewegung durch die Aeußerung von Kraft. Wir sind uns einer Kraft, unsere Glieder, und durch ihre Vermittelung andere Körper zu bewegen, bewußt, so wie, daß diese Wirkung das Resultat eines gewissen unerklärlichen Processes ist, den wir wahrnehmen, daß wir aber auf keine Weise in Worten ausdrücken können, wodurch wir Kraft äußern. Und selbst wenn eine solche Kraftäußerung keine sichtbare Wirkung hervorbringt (wie wenn wir unsere beiden Hände heftig gegen einander

*) Thomson's First Principles of Chemistry, vol. II. p. 68.

drücken, so daß die Anstrengungen beider einander entgegengesetzt sind), bemerken wir noch durch die Ermüdung und Erschöpfung, und durch die Unmöglichkeit, die Anstrengung lange zu unterhalten, daß in uns etwas vorgeht, wovon die Seele die wirksame, und der Wille die bestimmende Ursache ist. Dieser Eindruck, den wir von der Natur der Kraft durch unsere eigene Anstrengung und das Gefühl unserer Ermüdung bekommen, ist gänzlich verschieden von demjenigen, welchen wir von ihr durch den Anblick der Wirkung einer von Anderen zur Erzeugung von Bewegung geäußerten Kraft erlangen. Wäre das, was wir Bewegung nennen, nicht vorhanden, wären wir von Kindheit an in einem dunklen Kerker eingeschlossen und unsere Glieder mit Pflaster überzogen gewesen, so würde dieses innere Bewußtsein uns eine vollständige Vorstellung von Kraft verschaffen; aber in Freiheit gesetzt, würde allein Uebung uns fähig machen, ihre Aeußerung durch ihr Zeichen, Bewegung, zu erkennen, und dieß nur durch die Wahrnehmung, daß dieselbe Thätigkeit der Seele, welche uns in unserem beschränkten Zustande in den Stand setzt, uns durch die Anstrengung unserer Muskeln zu ermüden und zu erschöpfen, es in unsere Gewalt giebt, im unbeschränkten Zustande uns und andere Körper zu bewegen. Wie dunkel aber unsere Kenntniß von dem Processe ist, der in uns bei der Ausübung dieses wichtigen Privilegiums vor sich geht, kraft dessen allein wir als directe Ursachen wirken, können wir daraus abnehmen, daß, wenn wir irgend ein Glied in Bewegung setzen, der Sitz dieser Kraftäußerung uns in diesem Gliede zu sein scheint, während derselbe doch erweislich nicht darin, sondern entweder im Gehirn oder im Rückenmark sich befindet; wie daraus hervorgeht, daß, wenn eine zarte, zwischen dem Gliede und dem Gehirne oder Rückenmarke eine Verbindung bildende Fiber,

die wir Nerv nennen, an irgend einer Stelle ihres Laufs zerschnitten wird, das Glied, wie sehr wir uns auch anstrengen mögen, nicht mehr bewegt werden kann.

78) Dieses eine Beispiel der Dunkelheit, welche auf dem einzigen Acte directer Causation, von dem wir ein unmittelbares Bewußtsein haben, ruht, wird hinreichen, zu zeigen, wie gering die Aussicht ist, daß wir in der Erforschung der Natur jemals zu einer Kenntniß der letzten Ursachen zu gelangen fähig sein werden, und es wird uns lehren, unsern Blick auf die Kenntniß der Gesetze und auf die Analyse der verwickelten Phänomene zu beschränken, wodurch diese in einfachere aufgelöst werden, welche wir, indem sie uns keiner weiteren Zerlegung fähig zu sein scheinen, als Ursachen zu betrachten einwilligen müssen. Möge indeß niemand dieß als eine Beschränkung unserer Fähigkeiten beklagen. Wir haben hier einen weiten Raum und Gebiet genug für die vollständige Ausübung aller der Kräfte, die wir besitzen; und außerdem fügt es sich so, daß wir wirklich einen sehr großen Theil der Phänomene des Universums bis zu dieser einen Ursache, der Aeußerung mechanischer Kraft nämlich, verfolgen können, in der That einen so großen Theil derselben, daß man es zum Gegenstande der Speculation gemacht hat, ob nicht diese Kraft die einzige auf materielle Wesen einzuwirken fähige sein möchte.

79) Was wir unter einer Zerlegung verwickelter Phänomene in einfachere verstehen, wird am besten aus einem Beispiele erhellen. Nehmen wir dazu das Phänomen des Schalles, so werden wir durch eine Betrachtung der verschiedenen Fälle, in denen Schalle von allen Arten entstehen, finden, daß sie alle in folgenden Puncten übereinstimmen: — 1) Erregung einer Bewegung in dem schallenden Körper; 2) Mittheilung dieser Bewegung an die Luft oder

ein anderes zwischen dem schallenden Körper und unseren Ohren befindliches Zwischenmittel; 3) Fortpflanzung dieser Bewegung von Theilchen zu Theilchen innerhalb dieses Zwischenmittels in gehöriger Aufeinanderfolge; 4) Mittheilung derselben von den dem Ohre anliegenden Theilchen an das Ohr selbst; 5) Fortleitung derselben im Ohre vermittelst eines gewissen Mechanismus zu den Gehörnerven; 6) Erregung der Empfindung. Nun bemerken wir bei dieser Analyse, daß wir zwei Hauptsachen verstehen müssen, ehe wir eine richtige und vollständige Kenntniß des Schalles erlangen können: 1) die Erregung und Fortpflanzung der Bewegung; 2) die Entstehung der Empfindung. Diese also sind zwei andere Phänomene von einer einfacheren oder, richtiger gesagt, allgemeineren und elementareren Ordnung, in welche das verwickelte Phänomen des Schalles sich auflöst. Betrachten wir nun weiter die Mittheilung der Bewegung von Körper zu Körper, oder von einem Theilchen eines Körpers zum anderen, so werden wir finden, daß auch diese wieder in verschiedene andere Phänomene aufgelöst werden kann, nämlich in 1) die ursprüngliche Ertheilung der Bewegung an einen materiellen Körper oder irgend einen Theil desselben; 2) das Verhalten eines in Bewegung gesetzten Theilchens, wenn es einem anderen in seinem Wege liegenden begegnet, oder auf andere Weise durch seine Verbindung mit umgebenden Theilchen Einfluß und Hinderung erleidet; 3) das Verhalten dieser unter solchen Umständen Einfluß und Hinderung ausübenden Theilchen. Außerdem beruhen die letzteren beiden Punkte auf einem anderen, auch nothwendig zu betrachtenden Phänomene, nämlich dem Phänomene der Vereinigung der Theile materieller Körper zu Massen, wodurch sie Aggregate bilden, und fähig werden, gegenseitig auf ihre Bewegungen einzuwirken.

nur unvollkommen durch einen Willensact nachahmen können, und deren rein innerlicher Wirksamkeit wir uns nur in einem Zustande völlig bewußt werden, welcher uns zum Nachdenken und beinahe zum Beobachten unfähig macht!

83) Indem wir daher die Erforschung der Ursachen als außerhalb unseres Bereichs liegend aufgeben, müssen wir uns gegenwärtig begnügen, unsere Aufmerksamkeit auf die Gesetze zu concentriren, welche die Phänomene beherrschen, und die unmittelbaren Resultate der Ursachen zu sein scheinen. Aus dem vorhin gegebenen Beispiele können wir abnehmen, daß jede Untersuchung über die innere Natur eines verwickelten Phänomens in so viele verschiedene und getrennte Untersuchungen zerfällt, als es in einfache oder elementare Phänomene zerlegt werden kann; und daß es uns daher bei unserm Naturstudium ungemein zu Hülfe kommen würde, wenn wir durch irgend welche Mittel uns darüber Gewißheit verschaffen könnten, welches die letzten Phänomene *sind*, in die alle aus ihnen hervorgehenden zusammengesetzten zerlegt werden können. Es giebt jedoch offenbar kein Mittel, wodurch diese Gewißheit a priori erlangt werden könnte. Wir müssen uns an die Natur selbst wenden, und uns durch dieselbe Art von Regel leiten lassen, wie der Chemiker bei seiner Analyse, der jeden Bestandtheil so lange als ein *Element* ansieht, bis er in andere zerlegt und aufgelöst werden kann. So müssen wir in der Naturwissenschaft jedes Phänomen so lange für elementar oder einfach halten, bis wir es zerlegen und zeigen können, daß es das Resultat anderer ist, welche nun ihrerseits als elementare angenommen werden. So mögen wir denn in einem modificirten und relativen Sinne fortfahren von Ursachen zu sprechen, indem wir darunter nicht jene letzten Gründe des Wirkens, auf deren Thätigkeit die ganze Gestaltung der Natur beruht, sondern jene näheren Glieder

verstehen, welche die Phänomene mit anderen von einer einfacheren, höheren und allgemeineren oder elementareren Gattung verbinden. So können wir z. B. die Schwingungen einer Saite als die nächste Ursache des Tons, den sie giebt, betrachten, indem wir sie vorläufig als eine letzte Thatsache annehmen, und die Untersuchung über die Ursache der Schwingungen, welche von einer höheren und allgemeineren Beschaffenheit ist, bis auf Weiteres verschieben.

84) Ueberdieß können wir, so wie wir in der Chemie zuweilen gezwungen sind, die Existenz von Elementen, die von den bereits bekannten und identificirten verschieden sind, obgleich wir sie nicht isoliren können, anzuerkennen, und umgekehrt zu bemerken, daß Substanzen die Merkmale zusammengesetzter Körper besitzen, und deshalb der Zerlegung fähig sein müssen, obgleich wir nicht einsehen, wie dieses dargethan werden kann, — in der Physik die Zusammengesetztheit eines Phänomens wahrnehmen, ohne dessen Zerlegung vollführen zu können. Beim Magnetismus z. B. ist die Wirksamkeit der Electricität außer Zweifel gesetzt, und dargethan worden, daß beide in der Beziehung von Ursache und Wirkung zu einander stehen, da alle magnetischen Erscheinungen durch Electricität und alle electrischen durch Magnetismus hervorgebracht werden können. Aber die Analyse des Magnetismus ist hinsichtlich seiner Beziehung zu besonderen Metallen doch noch nicht völlig beendigt, und wir sehen uns genöthigt, die Existenz irgend einer, entweder näheren oder entfernteren, Ursache anzunehmen, deren Gegenwart in dem einen Metalle und deren Abwesenheit in dem anderen die Verschiedenheit ihres magnetischen Verhaltens erzeugt. Fälle, wie diese, sind unter allen, welche die Wissenschaft darbietet, vom höchsten Interesse. Sie beleben die Nachforschung gleich der errungenen Annäherung zur Auflösung eines Räthsels; sie zeigen uns, daß wir Licht

wir sagen, das Ganze sei größer als ein Theil desselben, so kündigen wir eine allgemeine Thatsache an. Diese beruht zwar auf unseren Vorstellungen von einem Ganzen und von Theilen; aber bei der Abstraction dieser Begriffe beginnen wir damit, sie uns als im Raume und in der Zeit bestehend und als Körper zu denken, und in räumlicher Beziehung sodann ihre lineare, Flächen- und Volums-Ausdehnung zu betrachten. Ferner, wenn wir sagen, Dinge, die einem anderen Dinge gleich sind, seien einander gleich, so stellen wir im Geiste Vergleichungen zwischen gleichen Räumen, gleichen Zeiten u. s. w. an, so daß diese Axiome, wenn gleich für sich evident, doch in sofern allgemeine Sätze inductiver Art sind, als sie unabhängig von Erfahrung in unserer Seele nicht entstehen würden. Der einzige Unterschied zwischen ihnen und den aus einer ausgedehnten Induction hervorgegangenen Axiomen besteht darin, daß bei der Aufstellung geometrischer Axiome die Beispiele sich von selbst und ohne die Mühe der Aufsuchung darbieten, und daß diese einfach und ihrer wenige sind, daß bei der Aufstellung der Axiome der Natur aber die Beispiele unzählbar, verwickelt und entlegen sind, so daß es der sorgfältigsten Nachforschung und des äußersten Scharfsinns bedarf, ihr Gewebe zu entwirren und ihre Bedeutung in Evidenz zu stellen.

87) Bei weitem das allgemeinste Phänomen, womit wir bekannt sind, und dasjenige, welches wir am beständigsten in allen Untersuchungen, die wir unternehmen, antreffen, ist die Bewegung und die Mittheilung derselben. Daher wird die Dynamik, oder die Wissenschaft der Kraft und der Bewegung, an die Spitze aller Wissenschaften gestellt; und zum Glück für die menschliche Erkenntniß ist sie eine solche, worin die höchste Gewißheit erreichbar ist, eine Gewißheit, die in keiner Weise der der mathematischen Be-

weisführung nachsteht. So wie ihre Ariome gering an Zahl, einfach und im höchsten Grade bestimmt und unterschieden sind, so haben sie zugleich eine unmittelbare Beziehung zu den geometrischen Größen, Raum, Zeit und Richtung, und fügen sich daher mit einer merkwürdigen Leichtigkeit dem geometrischen Raisonnement. Demnach können die Folgerungen aus denselben durch rein mathematische Beweismittel bis zu jeder beliebigen Ausdehnung verfolgt werden, in sofern die Grenze unserer dynamischen Kenntnisse nur durch unsere Kenntnisse in der reinen Mathematik bestimmt wird, welches bei keinem anderen Zweige der physischen Wissenschaften der Fall ist.

88) Aber man wird nun fragen, wie wir verfahren müssen, um ein zusammengesetztes Phänomen in einfachere zu zerlegen, und ob für dieses wichtige Verfahren allgemeine Regeln gegeben werden können? Wir antworten: Nein, so wenig wie von dem Chemiker (um die oben mitgetheilte Erläuterung zu verfolgen) allgemeine Regeln für die Analyse von Substanzen aufgestellt werden können, deren sämmtliche Bestandtheile unbekannt sind. Solche Regeln würden, wenn sie entdeckt werden könnten, das Ganze der Naturwissenschaft einschließen; aber wir sind in der That weit entfernt davon, sie angeben zu können. Indessen müssen wir uns erinnern, daß, philosophisch gesprochen, die Analyse der Phänomene hauptsächlich deshalb nützlich ist, weil sie uns in den Stand setzt, diejenigen, die uns als einfache erscheinen, zu erkennen und zur näheren Nachforschung zu bezeichnen, die Bestimmung ihrer Gesetze methodisch vorzunehmen, und so die Aufstellung allgemeiner Ariome oder Wortformen zu erleichtern, in denen das Ganze derselben enthalten ist, die sie aus der äußeren Welt in die innere intellectuelle gleichsam verpflanzen, sie zu Geschöpfen des bloßen Gedankens machen, und uns in

den Stand setzen, sie durch Raisonnement a priori anzugeben. Und was die Fähigkeit, dieses auszuführen, so ungemein wünschenswerth macht, ist, daß die Sätze, zu denen wir durch ein solches Ableiten des Besonderen aus dem Allgemeinen gelangen, auf eine unermeßliche Menge von Combinationen und Fällen Anwendung finden, welche in dem geistigen Processe, durch welchen unsere Axiome zuerst entdeckt wurden, niemals einzeln betrachtet worden waren, und daß folglich, wenn unser Raisonnement bis zur äußersten Grenze des Besonderen durchgeführt wird, die Resultate desselben in der Gestalt individueller Thatsachen erscheinen, von denen wir aus unmittelbarer Erfahrung keine Kenntniß haben mögen; und daß uns so nicht nur die Erklärung aller bekannten Thatsachen, sondern auch noch die wirkliche Entdeckung bisher unbekannter gewährt wird. Als ein merkwürdiges Beispiel davon ist bereits Fresnel's aprioristische Entdeckung der ungewöhnlichen Brechung beider Lichtstrahlen in einem doppelt brechenden Mittel erwähnt worden. Ein anderes besteht in folgendem: — Das Gesetz der Gravitation ist ein physicalisches Axiom von einer sehr hohen und allgemeinen Gattung, und aus einer Folge von Inductionen und Abstractionen hervorgegangen, die auf die Beobachtung zahlreicher Thatsachen und untergeordneter Gesetze im Planetensysteme gegründet wurden. Wird dieses Gesetz als begründet angenommen, zu einer Grundlage des Raisonnements gemacht, und auf die wirkliche Beschaffenheit unseres eigenen Planeten angewandt, so führt es uns unter anderen zu der Folgerung, daß die Erde, anstatt eine vollkommene Kugel zu sein, in der Richtung ihres Polardurchmessers zusammengedrückt oder abgeplattet, und daß dieser Polardurchmesser etwa dreißig Meilen kürzer, als der Aequatorialdurchmesser sein müsse, eine Folgerung, welche, wenngleich zuerst durch bloßes Raison-

nement gewonnen, sich nachher in der That als vollkommen wahr bestätigt hat. Alle astronomischen Vorhersagungen sind Beispiele derselben Art.

89) Bei dem wichtigen Geschäfte der Aufstellung dieser Axiome der Natur sind wir nicht, wie bei der Analyse der Phänomene, ganz ohne Führer gelassen. Die Natur des abstracten oder allgemeinen Raisonnemens bezeichnet uns großentheils den Weg, den wir verfolgen müssen. Ein Naturgesetz kann als die Angabe dessen, was beim Zusammentreffen gewisser allgemeiner Umstände sich zutragen wird, als die Ankündigung einer ganzen Gruppe oder Classe von Erscheinungen in einerlei Worten angesehen werden. So oft wir daher wahrnehmen, daß zwei oder mehr Erscheinungen in so vielen oder in so merkwürdigen Puncten mit einander übereinstimmen, daß wir sie als eine Classe oder Gruppe bildend zu betrachten uns gedrungen sehen, wird, wenn wir alle Umstände, in denen sie nicht übereinstimmen, außer Betrachtung lassen oder davon abstrahiren, und nur diejenigen, in denen sie übereinstimmen, ins Auge fassen, und dann einer solchen Convention in Gedanken gemäß von einer derselben eine Angabe oder Definition in solchen Worten aufstellen, daß diese gleichmäßig auf sie alle anwendbar ist, eine solche Angabe in der Gestalt eines allgemeinen Satzes erscheinen, welcher in sofern wenigstens den Character eines Naturgesetzes besitzt.

90) Z. B.: sehr viele durchsichtige Körper zeigen, wenn sie auf gewisse besondere Weise einem Lichtstrahl ausgesetzt werden, welcher durch Erleidung gewisser Reflexionen und Refractionen besonders zugerichtet worden ist (dadurch besondere Eigenschaften erlangt hat, und, wie man sagt, polarisirt worden ist), sehr lebhafte und schöne, in Streifen, Bänder u. s. w. von großer Regelmäßigkeit geordnete Farben, die innerhalb des Körpers zu entstehen

ſcheinen, und wegen einer gewiſſen bei ihrer Erſcheinung beobachteten regelmäßigen Aufeinanderfolge periodiſche Farben genannt werden. Es ſind ſehr verſchiedene feſte durchſichtige Körper, die dieſe periodiſchen Farben zeigen, aber keine undurchſichtige feſte Körper und keine Flüſſigkeiten. Hier ſcheint alſo eine hinreichende Naturübereinſtimmung zu ſein, um den Gebrauch eines allgemeinen Ausdrucks zu geſtatten, und als ein Geſetz den Satz aufzuſtellen, daß durchſichtige feſte Körper, polariſirtem Lichte ausgeſetzt, periodiſche Farben zeigen. Indeſſen iſt dieſes, wenn auch für viele, doch nicht für alle durchſichtigen feſten Körper gültig, und daher können wir es in dieſer Form nicht als eine allgemeine Wahrheit, als ein allgemeines Naturgeſetz aufſtellen; obgleich der umgekehrte Satz, daß alle feſten Körper, die unter ſolchen Umſtänden ſolche Farben zeigen, durchſichtig ſind, richtig und allgemein ſein würde. Es wird alſo nothwendig, ein Verzeichniß von denen zu entwerfen, die jenem Geſetze unterworfen ſind, und ſo werden zahlreiche Subſtanzen von allen Arten in Folge dieſer gemeinſamen Eigenſchaft zuſammen in eine Claſſe vereinigt. Unterſuchen wir ſie einzeln, ſo finden wir unter ihnen die äußerſte Verſchiedenheit von Farbe, Gefüge, Gewicht, Härte, Geſtalt und Zuſammenſetzung, ſo daß wir hinſichtlich dieſer Eigenſchaften auf eine Zuſammenſtellung von Gegenſätzen gerathen zu ſein ſcheinen. Prüfen wir ſie aber genau auf alle ihre Eigenſchaften, ſo finden wir, daß ſie alle in einem Puncte übereinſtimmen, in der Eigenſchaft der doppelten Brechung nämlich (22), und demnach können wir ſie alle mit Wahrheit als doppelt brechende Subſtanzen bezeichnen. Wir können die Thatſache daher in dieſer Form darſtellen: »Doppelt brechende Subſtanzen zeigen, wenn ſie polariſirtem Lichte ausgeſetzt werden, periodiſche Farben;« und wir finden durch fernere

Unterſuchung, daß der Satz in dieſer Form nicht bloß für die beſonderen Fälle, die wir bei ſeiner Aufſtellung zunächſt im Auge hatten, ſondern ohne Ausnahme für alle Fälle wahr iſt, welche bei fortgeſetzter Forſchung vorgekommen ſind, ſo daß er allgemein gültig iſt, und mit Recht als ein Naturgeſetz angeſehen wird.

91) Wir können daher ein Naturgeſetz betrachten: entweder 1) als einen allgemeinen Satz, welcher in abſtracten Ausdrücken eine ganze Gruppe beſonderer Thatſachen umfaßt, die ſich auf das Verhalten natürlicher Agentien unter vorgelegten Umſtänden beziehen, oder 2) als einen Satz, welcher ausdrückt, daß die Individuen einer ganzen Claſſe, die in *einem* Stücke übereinſtimmen, dieſes auch in *einem anderen* thun. Z. B.: in dem ſo eben betrachteten Falle ſchließt das Geſetz, zu dem wir gelangt ſind, in ſeiner allgemeinen Ausſage unter anderen die beſonderen Thatſachen ein, daß Bergcryſtall und Salpeter periodiſche Farben zeigen; denn beide ſind doppelt brechende Subſtanzen. Es kann das Geſetz aber auch als eine Beziehung zwiſchen den Phänomenen der Doppelbrechung und der periodiſchen Farben ausſagend betrachtet werden, welche in dem gegenwärtigen Falle eine der wichtigſten iſt, nämlich die Beziehung *conſtanter Verknüpfung*, in ſofern es behauptet, daß bei jedem Körper, bei welchem das eine Merkmal gefunden wird, auch unveränderlich das andere werde gefunden werden.

92) Dieſe beiden Geſichtspuncte, aus denen die Ausſage eines allgemeinen Geſetzes betrachtet werden kann, unterſcheiden ſich, obgleich ſie im Grunde auf daſſelbe hinauslaufen, doch bedeutend hinſichtlich ihres Einfluſſes auf unſern Geiſt. Der erſtere zeigt uns ein Geſetz als wenig mehr, als eine Art von künſtlichem Gedächtniß; in dem letzteren aber wird es ein Schritt in der wiſſenſchaftlichen

Forſchung, welcher direct zu der Betrachtung einer näheren, wenn nicht einer letzten Urſache führt; in ſofern wir nämlich, wenn wir beobachten, daß zwei Phänomene unveränderlich mit einander verknüpft ſind, ſchließen, daß ſie eine Beziehung zu einander haben, entweder als Urſache und Wirkung, oder als gemeinſame Wirkungen einer einzigen Urſache.

93) Es giebt noch einen anderen Geſichtspunct, aus welchem wir ein Geſetz von der in Frage ſtehenden Art betrachten können, nämlich als einen Satz, welcher die wechſelſeitige Verknüpfung, oder in manchen Fällen die völlige Identität zweier Claſſen von Individuen (entweder individueller Objecte, oder individueller Thatſachen) ausdrückt, und vielleicht iſt dieſes die einfachſte und lehrreichſte Auffaſſungsweiſe deſſelben, und diejenige, welche den beſten Angriffspunct zu weiterer Verallgemeinerung im Aufſtellen noch höherer Axiome darbietet. Z. B.: wenn in dem oben erwähnten Falle die Beobachtung uns die Exiſtenz einer Claſſe mit der Eigenſchaft der doppelten Brechung begabter Körper kennen gelehrt hätte, und Beobachtungen anderer Art, unabhängig von der erſteren, uns zur Erkennung einer Claſſe von Körpern geführt hätten, welche die Eigenſchaft beſitzen, in polariſirtem Lichte periodiſche Farben zu zeigen, ſo würde eine bloße Vergleichung beider Claſſen uns ſogleich ihre Identität beweiſen, oder uns in den Stand ſetzen, zu entſcheiden, ob die eine in der anderen enthalten ſei oder nicht.

94) Auf dieſe Weiſe erkennen wir in der Phyſik die hohe Wichtigkeit einer richtigen und genauen Claſſification beſonderer Thatſachen oder individueller Objecte nach allgemeinen wohl gewählten Principien oder Uebereinſtimmungspuncten (wozu nichts beſſer, als die einfachen Phänomene ſelbſt, in welche ſie in erſter Inſtanz zerlegt werden können,

geeignet ist); denn dadurch wird jedes Phänomen der Art oder jedes Classificationsprincip nicht zu einer besonderen, sondern zu einer allgemeinen Thatsache; und wenn wir einen großen Vorrath von solchen allgemeinen Thatsachen aufgehäuft haben, so werden sie selbst wieder Gegenstände einer anderen höheren Art von Classification, und unter Gesetzen zusammengefaßt, welche, da sie über Gruppen, nicht über Individuen verfügen, einen weit höheren Grad von Allgemeinheit besitzen, bis wir, dieses Verfahren fortsetzend, zuletzt zu Axiomen von dem höchsten Grade von Allgemeinheit, dessen die Wissenschaft fähig ist, gelangen.

95) Dieses Verfahren ist das, was wir unter Induction verstehen, und aus dem Gesagten erhellt, daß sie auf zwiefache Weise ausgeführt werden kann: entweder durch eine einfache Nebeneinanderstellung und Vergleichung festgestellter Classen, und durch eine Bezeichnung ihrer Uebereinstimmungen und Nichtübereinstimmungen; oder durch eine Betrachtung der Individuen einer Classe und gleichsam durch ein Herumwerfen derselben, um herauszufinden, in welchen Stücken sie alle noch außer dem einen, welches als ihr Classificationsprincip dient, übereinstimmen. Jede dieser Methoden kann benutzt werden, je nachdem in irgend einem Falle die eine oder die andere mehr Leichtigkeit gewähren mag; aber es wird sich natürlich ereignen, daß, wo die Thatsachen zahlreich, wohl beobachtet und methodisch geordnet sind, die erstere leichter, als im umgekehrten Falle, anwendbar sein wird. Die eine ist mehr für die Reife, die andere mehr für die Kindheit der Wissenschaft geeignet; die eine bringt, wie eine Maschine, Theilung der Arbeit in Anwendung, die andere beruht hauptsächlich auf individuellem Scharfsinn, und erfordert eine Vereinigung mannigfaltiger Kenntnisse in einer Person.

Drittes Capitel.

Von dem Zuſtande der phyſicaliſchen Wiſſenſchaft im Allgemeinen vor dem Zeitalter Gallilei's und Bacon's.

96) Dem unſterblichen Bacon verdanken wir die vollſtändige Verkündigung des großen und fruchtbaren Princips und die Entwickelung der Idee, daß das Ganze der Naturwiſſenſchaft in einer Reihe inductiver Verallgemeinerungen, anfangend mit aufs umſtändlichſte feſtgeſtellten Einzelnheiten, und fortgeführt bis zu allgemeinen Geſetzen oder Axiomen, die in ihren Ausſagen jeden untergeordneten Grad von Allgemeinheit umfaſſen, ſo wie in einer entſprechenden Reihe umgekehrter Raiſonnements vom Allgemeinen zum Beſonderen beſteht, wodurch dieſe Axiome rückwärts bis in ihre entfernteſten Conſequenzen verfolgt, und alle beſonderen Sätze aus ihnen abgeleitet werden, ſowohl diejenigen, durch deren unmittelbare Betrachtung wir zu ihrer Entdeckung gelangten, als auch diejenigen, von denen wir vorher keine Kenntniß hatten. Im Fortgange dieſes Abſteigens zum Beſonderen müſſen wir nothwendig auf alle die Thatſachen treffen, von denen die auf die Erleichterung des menſchlichen Lebens gerichteten Künſte und Werke abhängen, und dadurch die Gewalt über eine unbegrenzte Praxis und eine Verfügung über die Naturkräfte von einer ihnen

selbst gleichen Ausdehnung erlangen. Eine erhabene Aussicht in der That, die uns wahrlich zur höchsten Anstrengung unserer Kräfte ermuntern sollte, besonders da wir bereits so überzeugende Beweise haben, daß sie weder trügerisch, noch voreilig eröffnet, sondern im Gegentheil mit einer Raschheit und Freigebigkeit schon erfüllt worden ist und erfüllt zu werden fortfährt, die selbst ihr berühmter Urheber in den Augenblicken der lebhaftesten Erwartung vorherzusagen kaum gewagt haben würde.

97) Vor der Bekanntmachung von Bacon's Novum Organum konnte man kaum sagen, daß eine Naturwissenschaft, in irgend einem rechtmäßigen und ausgedehnten Sinne des Worts, existire. Bei den griechischen Philosophen, von deren wissenschaftlichen Bestrebungen allein in den früheren Zeitaltern der Welt wir einige, wiewohl sehr beschränkte, positive Kenntniß haben, müssen wir erstaunen über den merkwürdigen Contrast zwischen ihrer Stärke in scharfer und subtiler Disputation, ihrem außerordentlichen Erfolge im abstracten Raisonnement und ihrer vertrauten Bekanntschaft mit rein intellectuellen Gegenständen einerseits, und andererseits ihrer nachlässigen und sorglosen Betrachtung der äußeren Natur, ihrer gröblich unlogischen Deduction von Grundsätzen von weitschweifender Allgemeinheit aus wenigen und übel beobachteten Thatsachen in einigen Fällen, und ihrer leichtsinnigen Aufstellung abstracter, nur in ihrer eignen Einbildung begründeter Principien in anderen, bloßer Wortformen ohne irgend etwas ihnen Entsprechendes in der Natur, von welchen sie, wie von mathematischen Definitionen, Postulaten und Axiomen, alle Erscheinungen und alle Naturgesetze ableiten zu können wähnten. So z. B. folgerten sie aus der willkührlichen Annahme, daß der Kreis die vollkommenste Figur sei, daß alle Bewegungen der Himmelskörper in genauen Kreisli-

nien geschehen und gleichförmig sein müßten; und als die vollständige Beobachtung das Gegentheil bewies, sahen sie, anstatt das Princip in Zweifel zu ziehen, keinen besseren Ausweg, die Schwierigkeit zu beseitigen, als ihre Zuflucht zu endlosen Combinationen kreisförmiger Bewegungen zu nehmen, um nur deren ideale Vollkommenheit zu bewahren.

98) Ohne Zweifel waren unter den griechischen Philosophen Männer von überwiegenden Talenten und Tugenden, Zierden ihres Geschlechts und der Verehrung der ganzen Nachwelt würdig; aber als Körperschaft betrachtet können sie kaum anders, als wie ein Haufen disputirsüchtiger Candidaten der Volksgunst angesehen werden, zu sehr damit beschäftigt, durch eine prunkende Entfaltung höherer Erkenntniß ihr Uebergewicht über ihre Anhänger und Bewunderer zu behaupten, als daß sie (wenn sie ja die Neigung dazu gehabt) die Muße hätten finden können, ihre Behauptungen auf einen tiefen und sicheren Grund zu stützen, und doch zu empfindlich gegen den Schimpf und die Unannehmlichkeit des Irrthums, um nicht ihre einmal bekannt gemachten, wenn gleich seichten Dogmen gegen kühne und scharfsinnige Angreifer durch jede Art von Sophismen, oder durch Aufregung der Leidenschaft zu vertheidigen. Daher die Rohheiten und chimärischen Ansichten, womit ihre philosophischen sowohl Natur- als Moralsysteme überladen waren; ihre endlosen Streitigkeiten über Wortsubtilitäten, und endlich, was das Schlimmste war, die stolze Zuversicht, womit sie Unwissenheit und Trägheit unter einer Hülle von unverständlichem Geschwätz und dogmatischen Aussprüchen zu verbergen suchten. Vielleicht aber ist dieser Character mehr den späteren, als den früheren griechischen Philosophen eigen. Der Geist rationeller Naturforschung scheint, wenn wir nach den unsicheren und oft widersprechenden Notizen, die von ihren Ansichten auf uns gekommen sind, ur-

theilen dürfen, in der früheren Periode viel lebendiger gewesen und viel weniger durch diese eitle und anmaaßende Richtung abgelenkt worden zu sein, als in der späteren. Wir wissen jetzt nicht, was für einen Sinn Thales eigentlich mit dem Ausspruch, daß das Wasser der Ursprung aller Dinge sei, verband; aber heutige Geologen werden nicht in Verlegenheit sein, zu begreifen, wie ein beobachtender Reisender zu dieser Vorstellung gelangen könne, ohne auf die mystischen Ueberlieferungen Aegypten's oder Chaldäa's zurückzugehen. Seine Ideen von den Finsternissen und der Natur des Mondes waren gesund, und seine Vorhersagung einer Sonnenfinsterniß insbesondere war von so merkwürdigen Umständen begleitet, daß neuere Astronomen sie zum Gegenstande einer wichtigen Nachforschung gemacht haben. Anaxagoras speculirte, bei einer Menge roher und unvollkommen erläuterter Vorstellungen, rationell genug über die Ursache der Winde und des Regenbogens, und über Erdbeben weniger ungereimt, als manche neuere Geologen; er scheint überhaupt eine lebhafte Aufmerksamkeit auf die Natur und einen für ein richtiges Raisonnement über ihre Erscheinungen offenen Geist gehabt zu haben; während Pythagoras, mag er nun durch eigenes Nachdenken oder durch Ueberlieferung aus Aegypten oder Indien dazu gelangt sein, eine richtige Vorstellung von der allgemeinen Anordnung der Theile des Sonnensystems und von der von der Erde darin eingenommenen Stelle besaß, ja, einigen Nachrichten zufolge, mit seiner Forschung sogar bis zur Speculation über die Anziehungskraft der Sonne, als dem Vereinigungsbande des ganzen Systems, vorgedrungen war.

99) Aber die Nachfolger dieser redlichen Erforscher der Natur beschimpften das Panier der Wahrheit, verzichteten, indem sie das ihren Entdeckungen mit Recht gewidmete Ansehen zu ihrem Vortheil benutzten, auf den bescheidenen

Character Lernender, erhoben sich zu Lehrern, und nahmen, um ihre Ansprüche an dieses Amt geltend zu machen, den Ton von Männern an, welche nichts mehr zu lernen hätten. Zum Unglück für die wahre Wissenschaft gewährte der Nationalcharacter Ansprüchen dieser Art jede Aufmunterung. Jene rastlose Begierde nach Neuheit, welche die Griechen in ihren bürgerlichen und politischen Verhältnissen auszeichnete, verfolgte sie auch in ihrer Philosophie. Waren Speculationen nur sinnreich und neu, so hatten sie unwiderstehliche Reize für sie, und der Lehrer, der einen seinen Gedanken in eine zierliche Sprache einzukleiden, oder durch eine kühne Behauptung seine Jünger und sich selbst auf einmal aller Mühe des Nachdenkens zu überheben verstand, war nur zu oft versucht, auf wohlfeile Art den Ruf überlegener Kenntnisse sich zu verschaffen, indem er nur einige oberflächliche Begriffe von den gewöhnlichsten und einleuchtendsten Thatsachen zu erhaschen, sie in ein Gepränge dunkler Worte zu hüllen und sie für die ersten und letzten Principien aller Dinge zu erklären, und jede andere der seinigen entgegengesetzte Meinung als ungereimt und gottlos zu bezeichnen brauchte.

100) In diesem Wortkriege wurde das Studium der Natur vernachlässigt, und eine demüthige und geduldige auf Thatsachen gegründete Forschung, als des von einem wahren Philosophen einzunehmenden höheren speculativen Standpuncts unwürdig, gänzlich verschmäht. Der Grundirrthum der griechischen Philosophie lag in der Meinung, daß dieselbe Methode, die sich als so ausgezeichnet erfolgreich in mathematischen Untersuchungen bewährt hatte, dieses auf gleiche Weise in physicalischen Untersuchungen sein werde, und daß man, von einigen einfachen und fast von selbst einleuchtenden Begriffen ausgehend, alles Uebrige durch Raisonnement müsse finden können. Daher sehen wir

sie beständig ihre Erfindungskraft anstrengen, um diese so fruchtbar sein sollenden Principien zu entdecken. Der Eine macht das Feuer zur wesentlichen Materie und zum Ursprung des Weltalls, ein Anderer die Luft; ein Dritter findet den Schlüssel zur Lösung jeder Schwierigkeit und zur Erklärung aller Erscheinungen in dem το απειρον, oder der Unendlichkeit der Dinge, ein Vierter in dem το ὄν und dem το μη ὄν, d. h. in der Wesenheit und Unwesenheit, bis endlich eine Autorität, welche die Meinungen beinahe zweitausend Jahre lang zu beherrschen bestimmt war, diesen wichtigen Punkt durch die Entscheidung feststellte, daß Materie, Form und Ausschließung als die Principien aller Dinge zu betrachten seien.

Es wäre jedoch ungerecht gegen Aristoteles, nach diesem Probestück seiner Philosophie über ihn zu urtheilen. Er sah wenigstens die Nothwendigkeit ein, auf die Natur zurückzugehen, um etwas der Art als Principien der physicalischen Wissenschaft zu erlangen; und als Beobachter, als Sammler und Aufzeichner von Thatsachen und Erscheinungen stand er ohne Gleichen in seinem Zeitalter da. Es war der Fehler jenes Zeitalters und des verkehrten und geistlosen Styls wortreicher Disputation, welcher mehr alle Gelehrsamkeit überhaupt, als seine eigene angesteckt hatte, daß er sich durch vage und unbestimmte, von der allgemeinen und gewöhnlichen Beobachtung abgeleitete Begriffe befriedigen ließ, anstatt sorgfältig in wohlgeordneten und gründlich betrachteten Beispielen nach den wahren Gesetzen der Natur zu forschen. Seine bändereichen Werke über jeden zu seiner Zeit vorhandenen Zweig des menschlichen Wissens sind beinahe sämmtlich untergegangen. Nach seinem auf uns gekommenen Werke über die Thiere können wir jedoch seine Beobachtungskraft würdigen, und eine von einem ausgezeichneten Oxforder Pro-

feſſor zwiſchen ſeinen Claſſificationen und denen der berühmteſten lebenden Naturhiſtoriker gezogene Parallele zeigt, daß er von der belebten Natur eine in merkwürdigem Grade treffende Anſicht erlangt hatte, welche mit der Verworrenheit, Weitſchweifigkeit und Unfruchtbarkeit ſeiner phyſicaliſchen Meinungen und Dogmen ſeltſam contraſtirt. In dieſen erkennt man leicht einen nicht einheimiſchen Geiſt, und daß er ſich gedrungen fühlt, etwas Gelehrtes und Syſtematiſches zu ſagen, ohne doch zu wiſſen, was eigentlich zu ſagen wäre. So theilt er die Bewegungen in natürliche und unnatürliche ein, annehmend, die natürliche Bewegung des Feuers und der leichten Körper gehe aufwärts, die der ſchweren abwärts, indem jedes Ding ſeine verwandte Art in den Himmeln und in der Erde ſuche. So werden in der Ariſtoteliſchen Philoſophie ferner die von äußeren Gegenſtänden auf uns gemachten unmittelbaren Eindrücke, als Härte, Farbe, Hitze u. ſ. w., zu verborgenen Eigenſchaften, kraft welcher ſie ſo ſind, wie ſie ſind, und welchen weiter nachzuforſchen unnütz iſt *). Es wird natürlich eine Grenze

*) Galilei ſetzt den Styl im Ariſtoteliſchen Raiſonnement weitläufig aus einander. Das Folgende mag als eine Probe davon dienen. Der Gegenſtand iſt, die Unveränderlichkeit und Unverderblichkeit der Himmel zu beweiſen, und das geſchieht ſo:

I. Veränderung iſt entweder Erzeugung oder Verderbniß.
II. Erzeugung und Verderbniß ereignen ſich nur zwiſchen entgegengeſetzten Dingen.
III. Die Bewegungen entgegengeſetzter Dinge ſind entgegengeſetzt.
IV. Die himmliſchen Bewegungen ſind kreisförmig.
V. Kreisförmige Bewegungen haben keine entgegengeſetzte,
α) weil es nur drei einfache Bewegungen geben kann,
1) nach einem Mittelpunct hin,
2) um einen Mittelpunct herum,
3) von einem Mittelpunct weg;
β) von drei Dingen kann nur eines einem entgegengeſetzt ſein;

vorhanden sein, über welche hinaus zu forschen für bloß menschliche Fähigkeiten unnütz ist; wo aber diese Grenze gezogen sei, kann nur die Erfahrung uns lehren, und wenigstens ist, behaupten, daß wir dieselbe erreicht haben, jetzt allgemein als ein sicheres Kennzeichen des Dogmatismus anerkannt.

102). In den früheren Zeiten der Kirche waren die Schriften des Aristoteles, als der Vernunft und den Sinnen zu viel einräumend, verdammt, und selbst bis ins zwölfte Jahrhundert wurden sie aufgesucht und verbrannt, und ihre Leser excommunicirt. Allmählig jedoch wurde die äußerste Ungerechtigkeit dieser Beschuldigung erkannt; sie wurden das Lieblingsstudium der Schulmänner, und liefern ihnen die schärfsten Waffen zum Kampf, indem man in allen Streitigkeiten auf sie, als eine souvergine Autorität sich berief, so daß die geringste Abweichung von irgend einer Meinung des großen Meisters, wie ungereimt oder unwesentlich diese immer sein mochte, bald durch Geschrei unterdrückt, oder durch das noch wirksamere Mittel heftiger Verfolgung zum Schweigen gebracht wurde. Wenn die Logik jener düsteren Zeit sehr richtig als »die Kunst, über Dinge, worüber wir uns in Unwissenheit befinden, unbe-

γ) aber die Bewegung nach einem Mittelpunct ist offenbar der von einem Mittelpunct entgegengesetzt;

δ) daher bleibt die Bewegung um einen Mittelpunct (d. i. die kreisförmige Bewegung) ohne eine entgegengesetzte.

VI. Daher haben himmlische Bewegungen keine entgegengesetzte; daher sind unter himmlischen Dingen keine entgegengesetzt; daher sind die Himmel ewig, unveränderlich, unvermehrlich, und so fort.

Es ist leuchtend, daß diese ganze Folge von Lügen von der äußersten Unbestimmtheit des Begriffe von Erzeugung, Verderbniß, Gegensatz u. s. w. herrühren, auf welche die Schlüsse gegründet sind. S. Galilei, Systema Cosmicum, Dial. I. p. 39.

ständlich zu reden,« bezeichnet werden kann, so kann mit gleicher Wahrheit die damalige Physik als ein überlegtes Vorziehen der Unwissenheit vor dem Wissen, in Dingen alltäglicher Erfahrung und Benutzung zusammengefaßt werden.

103) In »diese Dunkelheit der Natur und der Seele« warf die verkehrte Thätigkeit der Alchemisten von Zeit zu Zeit einen zweifelhaften Funken *), und der berühmte Engländer Roger Bacon erschien im finstersten Augenblick wie ein früher, die Dämmerung verkündender Stern. Doch erst seit dem sechzehnten Jahrhundert begann das Licht der Natur mit einer regelmäßigen und fortschreitenden Zunahme hervorzubrechen. Die Prahlereien des Paracelsus von der Kraft seiner chemischen Arzneimittel und Elixire und sein offene Verdammung der alten Pharmacie, unterstützt, wie sie es waren, von manchen überraschenden Curen **), überzeugten alle rationellen Aerzte, daß die Chemie manches vortreffliche, zur Zeit unbekannte Heilmittel liefern könne, und es würden bald eine Menge werthvoller Experimente von Aerzten und Chemikern unternommen, die begierig wa-

*) Macquer bemerkt richtig, daß die Alchemisten der Chemie wesentliche Dienste geleistet haben würden, wenn sie nur ihre erfolglosen Versuche eben so klar angegeben hätten, wie sie ihre vermeintlich erfolgreichen dunkel mitgetheilt haben. — Macquer's Dictionary of Chemistry, I. X.

**) Paracelsus vollführte die meisten dieser Curen durch Quecksilber und Opium; den Gebrauch des letzteren hatte er in der Türkei kennen gelernt. Mit Mercurial-Präparaten waren die Aerzte seiner Zeit unbekannt; und über das Opium waren sie erschrocken, indem es »im vierten Grade kalt« sei. Auch war Laudanum sein Lieblingsmittel des Paracelsus, der ihm diesen Namen gab, weil es das Wasser, das Salz, das Oel und die Säure enthalte, welche die Patienten wie die Hölle brennen, kurz, es war eine Art von Gegengewicht gegen sein Opium.

ren, neue chemische Heilmittel zu entdecken und zu beschreiben. Man fieng an, die chemischen und metallurgischen Künste, die bis dahin nur empirisch von mit ihren Geheimnissen vertrauten Personen betrieben worden waren, ernstlich mit dem Streben nach rationellen und nützlichen Kenntnissen zu studieren, und regelmäßige Abhandlungen über Zweige der Naturwissenschaft kamen endlich zum Vorschein. Georg Agricola besonders widmete sich mit Eifer dem Studium der Mineralogie und Metallurgie in den Bergwerksdistricten Böhmens und von Schemnitz, und gab eine Menge methodischer Berichte über alle ihm bekannten Thatsachen heraus; Dr. Gilbert von Colchester publicirte 1590 eine Abhandlung über den Magnetismus, voll von werthvollen und scharfsinnig beurtheilten Thatsachen und Versuchen, und dehnte ebenfalls seine Untersuchungen auf eine Menge anderer Gegenstände, besonders auf die Electricität, aus.

104) Aber das entschiedenste Zeichen einer eintretenden großen Veränderung in der Richtung der menschlichen Geistesthätigkeit war, daß die Astronomie, die einzige Wissenschaft, worin die Alten einige reelle Fortschritte gemacht hatten, und einigermaaßen zu großen und allgemeinen Vorstellungen gelangt waren, aufs neue im besten Geiste ächter Philosophie studiert zu werden begann; das Copernicanische oder Pythagoräische System entstand oder lebte wieder auf, und gewann schnell Vertheidiger. Endlich erschien Galilei, und bestritt und widerlegte die Aristotelischen Dogmen über die Bewegung durch directe Berufung auf die Evidenz der Sinne und durch Versuche von der überzeugendsten Art. Die Verfolgungen, welche dieser Schritt ihm zuzog, die Geschichte seiner Standhaftigkeit und seiner Leiden, und der endliche Triumph seiner Meinungen und Raisonnements bedürfen, da sie

neuerlich erst so trefflich dargestellt sind *), hier keiner Wiederholung.

105) Durch die Entdeckungen von Copernicus, Kepler und Galilei wurde die Anhänglichkeit an die Irrthümer der Aristotelischen Philosophie völlig in eine strenge Berufung auf die Thatsachen in der Natur umgewandelt; aber es blieb noch übrig, durch umfassende und allgemeine Principien zu zeigen, wie und warum Aristoteles in Irrthum war, die besondere Schwäche seiner Art zu philosophiren ins Licht zu setzen, und ihr eine strengere und bessere zu substituiren. Dieses wichtige Geschäft wurde von Francis Bacon, Lord Verulam, vollführt, welcher deswegen in allen künftigen Zeitaltern mit Recht als der große Reformator der Naturwissenschaft angesehen werden wird, obgleich seine eigenen wirklichen Beiträge zu dem Stamm physicalischer Wahrheiten gering, und seine Vorstellungen von besonderen Gegenständen stark durch Irrthümer getrübt waren, was mehr die Schuld des allgemeinen Mangels physicalischer Belehrung in jenem Zeitalter, als irgend einer Beschränktheit des Blicks auf seiner Seite war; gegen letztere war er völlig auf seiner Hut. Es haben Einige versucht, das Verdienst dieses großen Werkes durch die Ausstellung herabzusetzen, daß die Inductionsmethode in vielen Fällen, in älterer und neuerer Zeit, bloß einem Instinct zufolge von den Menschen angewandt worden sei. Aber es ist nicht die Einführung des inductiven Raisonnements, als eines neuen bis dahin unbekannten Verfahrens, wodurch Bacon's Philosophie characterisirt wird, sondern seine scharfe Auffassung und seine umfassende und den Geist aufregende, fast enthusiastische Verkündigung der hohen

*) S. the Life of Galileo Galilei, by Mr. Drinkwater, with Illustrations of the Advancement of Experimental Philosophy.

Wichtigkeit desselben, als des Alpha und Omega der Wissenschaft, als der großen und einzigen Kette zur Verbindung der physicalischen Wahrheiten mit einander, und als des eventuellen Schlüssels zu jeder Entdeckung und jeder Anwendung. Diejenigen, die ihm aus solchem Grunde seinen gerechten Ruhm entziehen wollten, müßten auch Jenner und Howard die Bürgerkrone versagen, weil einige Landwirthe in einer entlegenen englischen Provinz vor undenklicher Zeit mit der Vaccination bekannt gewesen sind, und Menschenfreunde zu allen Zeiten gelegentlich Gefangene in ihren Kerkern besucht haben.

106) Es war nun der Wissenschaft ein ungeheurer Impuls gegeben, und es schien, als ob der Genius des Menschengeschlechts nach langer Einkerkerung sich endlich mit Ungestüm auf die Natur gestürzt, und mit einem Griff das große Werk begonnen hätte, ihren bis dahin ungebrochenen Boden aufzureißen, und die so lange verborgen gewesenen Schätze hervorzuziehen. Es verbreitete sich nun ein allgemeines Gefühl von der Aermlichkeit und Unzulänglichkeit der vorhandenen Kenntnisse von Thatsachen; und als Belehrung mit Macht hereinströmte, brach eine Zeit der Aufregung und Wunder an, die in den Annalen des Menschengeschlechts nicht ihres Gleichen fand. Es schien sogar, als ob die Natur selbst dem Impulse zu Hülfe käme, und während sie die zu ihrer Erforschung von nun an zu gebrauchenden Sinne durch neue und außerordentliche Hülfsmittel verstärkte, — während das Fernrohr und das Microscop die Unendlichkeit dem Blick nach beiden Seiten hin öffnete, — entfaltete sie, gleichsam um für ihre Wunder die Aufmerksamkeit anzurufen, und den Zeitpunct auszuzeichnen, das seltenste, glänzendste und geheimnißvollste aller astronomischen Phänomene, die Erscheinung und darauf folgende gänzliche Erlöschung eines neuen und glän-

zenden Fixsterns, und dieß sogar zweimal während Galilei's Lebzeit *).

107) Die unmittelbaren Nachfolger Bacon's und Galilei's durchwühlten die ganze Natur nach neuen und überraschenden Thatsachen, einigermaaßen mit jener Sucht nach dem Wunderbaren, die als ein Ueberbleibsel aus dem Zeitalter der Alchemie und natürlichen Magie betrachtet werden kann, die aber bei gehöriger Lenkung ein sehr kräftiger und nützlicher Reiz zu experimentalen Untersuchungen ist. Boyle insbesondere schien von einem Enthusiasmus und Eifer belebt zu sein, der ihn ohne alle Unterbrechung und mit einer wenig unterscheidenden Begierde von Gegenstand zu Gegenstand, von Versuch zu Versuch trieb; während Hooke (der große Zeitgenosse und nicht unwürdige Nebenbuhler Newton's) einen schärferen Blick der prüfenden Vernunft in eine selbst noch ausgedehntere Classe von Untersuchungen warf. Als die Thatsachen sich vermehrten, traten leitende Erscheinungen hervor, Gesetze begannen zu erscheinen und Verallgemeinerungen sich zu bilden; und der Lauf der Entdeckungen war so rasch, der Triumph der inductiven Philosophie so ausgezeichnet, daß eine einzige Generation und die Anstrengungen eines einzigen Geistes hinreichten, das System des Weltalls auf einer nie zu erschütternden Grundlage aufzustellen.

108) Wir werden uns nun bemühen, im Einzelnen die Hauptschritte, durch welche man zu gesetzmäßigen und ausgedehnten Inductionen gelangte, und die Verfahrungsarten zu erläutern, wodurch der Geist bei der Erforschung

*) Der in der Cassiopeja 1572 von Cornelius Gemma beobachtete temporäre Stern war so glänzend, daß er am Mittage gesehen werden konnte. Der andere im Serpentarius, der zuerst 1604 von Keppler gesehen wurde, übertraf an Glanz alle übrigen Sterne und Planeten.

der Naturgesetze sich allmählig von dem Ueberflüssigen und Beschwerenden befreit, welches den einzelnen Dingen anhängt, und die Wahrnehmung ihrer Uebereinstimmungs- und Verknüpfungspuncte erschwert. Wir werden auf die Hülfe hinweisen, die uns bei einem Werke von so viel Nachdenken und Mühe durch ein methodisches Verfahren und durch eine sorgsame Benutzung solcher Hülfsmittel gewährt wird, die zu irgend einer Zeit erfolgreich befunden sind, mit Rücksicht auf ihr besseres Verständniß und ihre bessere Anpassung an andere Fälle: eine Art geistiger Induction, an sich von nicht geringem Nutzen und Umfang, in sofern wir nur durch ihre Anwendung eine innigere Kenntniß, als wir jetzt besitzen, von den Gesetzen, die unsere Entdeckung der Wahrheit beherrschen, und von den Regeln, auf welche, so weit sie reichen, das Erfinden zurückführbar ist, erlangen können. Dabei werden wir zunächst mit der Erfahrung selbst, betrachtet als die Anhäufung der Kenntniß individueller Gegenstände und Thatsachen, beginnen.

Viertes Capitel.

Von der Beobachtung von Thatsachen und der Sammlung von Beispielen.

---

109) Die Natur bietet in der äußeren Welt unserer Betrachtung zweierlei Gegenstände dar — Objecte und be-

ter wechselseitige Wirkungen. Aber nach dem, was über sinnliche Wahrnehmung gesagt worden ist, wird der Leser ohne Schwierigkeit erkennen, daß wir von den Objecten selbst, aus denen das Weltall besteht, nur vermittelst der Eindrücke, die sie in uns erregen, eine Kenntniß erlangen, welche Eindrücke die Resultate gewisser Wirkungen und Processe sind, welche die sinnlichen Gegenstände und die materiellen Theile unser selbst direct betreffen. So ist denn unsere Beobachtung der äußeren Natur auf die wechselseitige Einwirkung materieller Gegenstände auf einander und auf Thatsachen, d. i. Verknüpfungen von Phänomenen oder Erscheinungen, beschränkt. Wir erlangen keine Kenntniß von einem Gegenstande durch die bloße Wahrnehmung, daß er schwarz ist; finden wir aber auch, daß er flüssig ist, so kommen wir wenigstens zu der Erkenntniß, daß die schwarze Farbe mit einem flüssigen Zustande nicht unverträglich ist, und haben dadurch einen, wenn auch unbedeutenden, Schritt weiter zur Kenntniß der inneren Natur dieser beiden Eigenschaften gethan. So oft wir daher ein Phänomen in einfachere zerlegen, oder ausmitteln wollen, welches der Verlauf oder das Gesetz der Natur bei dem Eintritt irgend welcher allgemeiner Umstände sein werde, ist es unser erster Schritt, eine hinreichende Menge wohl bestätigter Thatsachen oder aufgezeichneter Beispiele, die sich auf den in Frage stehenden Punct beziehen, zusammenzubringen. Der gesunde Verstand lehrt uns dieses, weil uns dadurch die Mittel werden, denselben Gegenstand aus verschiedenen Gesichtspuncten zu prüfen; er würde uns auch lehren, daß, je verschiedenartiger diese gesammelten Thatsachen in allen Beziehungen mit Ausnahme der einen, welche den Gegenstand der Untersuchung ausmacht, sind, desto besser es ist; weil sie dann hinsichtlich ihrer abweichenden Puncte einigermaaßen in einen Gegensatz gebracht sind,

und so jene, worin sie mit einander übereinstimmen, um so hervorstechender und schlagender zu machen geeignet sind.

110) Die einzigen Thatsachen, die zu Grundlagen physicalischer Untersuchungen jemals brauchbar sein können, sind die, welche unter denselben Umständen immer gleichförmig und unabänderlich eintreffen. Dieß ist einleuchtend; denn wenn sie diese Eigenschaft nicht haben, können sie nicht in Gesetze gefaßt werden; sie entbehren die Allgemeinheit, wodurch sie geeignet werden, als elementare Bestandtheile in die Aufstellung jener allgemeinen Axiome einzugehen, welche zu entdecken, das Ziel unserer Bestrebungen ist. Wenn ein und dasselbe Resultat unter einer gegebenen Combination von scheinbar gleichen Umständen nicht beständig eintrifft, so muß dieß durch eines von folgenden beiden bewirkt werden: entweder durch Laune (d. i. die willkührliche Dazwischenkunft geistiger Thätigkeit), oder durch Verschiedenheiten in den Umständen selbst, die, obwohl wirklich vorhanden, von uns unbemerkt geblieben sind. In beiden Fällen können wir von solchen Thatsachen, wenn wir sie auch als Curiositäten, oder als solche aufzeichnen wollen, die bis dahin, daß die Verschiedenheiten der Umstände erkannt sein werden, auf Erklärung warten, keinen Gebrauch bei wissenschaftlichen Untersuchungen machen. Daher müssen, so oft wir irgend eine merkwürdige Wirkung wahrnehmen, unsere ersten Fragen sein: Kann sie wieder hervorgebracht werden? Wie sind die Umstände beschaffen, unter denen sie eingetreten ist? Wird sie immer wieder eintreffen, wenn jene Umstände, so weit wir sie zu sammeln im Stande gewesen sind, wieder zusammentreffen?

111) Die Umstände also, die irgend eine beobachtete Thatsache begleiten, sind Hauptpuncte bei ihrer Beobachtung, wenigstens so lange, bis es durch hinreichende Erfahrung ausgemacht worden, welche Umstände dabei unwirk-

sam sind, und daher, ohne die Thatsache zu opfern, hätten unbeachtet bleiben können. Wir dürfen daher bei der Beobachtung und Aufzeichnung einer ganz neuen Thatsache keinen irgend bemerkbaren Umstand übersehen, da dieses gerade einen solchen treffen könnte, der wesentlich mit der Thatsache verknüpft ist, und in diesem Falle die Angabe, anstatt des Ausdrucks eines Naturgesetzes, nur den eines historischen Ereignisses enthalten würde. Beim Herabfallen von Meteorsteinen z. B. sieht man Feuerflammen aus einer Wolke hervorkommen, und hört ein laut prasselndes donnerähnliches Getöse. Diese Umstände und der plötzliche Schlag und die Zerstörung, die darauf folgen, haben veranlaßt, daß man sie lange mit einer Wirkung des Blitzes verwechselte, und Donnerkeile nannte. Aber ein Umstand ist hinreichend, die Verschiedenheit beider erkennen zu lassen: die Flamme und der Schall kommen, wie man gelegentlich bemerkt hat, aus einer sehr kleinen, am übrigens heiteren Himmel isolirt stehenden Wolke hervor, eine Verknüpfung von Umständen, welche niemals bei einem Gewitter sich findet, unzweifelhaft aber mit dem wahren Ursprunge der Meteorsteine in genauem Zusammenhange steht.

112) Aufgezeichnete Beobachtungen bestehen aus zwei von einander verschiedenen Stücken: 1) aus einer genauen Kunde von dem Beobachteten und allen Besonderheiten, welche muthmaaßlich in einer natürlichen Verknüpfung mit demselben stehen; 2) aus einer treuen und glaubwürdigen Aufzeichnung derselben. Da unsere Sinne die einzigen Eingänge sind, durch die wir Eindrücke von Thatsachen erlangen, so müssen wir Sorge tragen, daß sie beim Beobachten alle in Thätigkeit sind, und daß nichts von dem, wodurch irgend einer von ihnen afficirt wird, unserer Bemerkung entgeht. So würden wir, wenn ein Blitzschlag

unsere Wohnung träfe, zu beachten haben, was für eine Art von Licht wir sahen — ob einen Feuerklumpen, oder einen gerade fortschießenden Funken, oder ein zickzackförmiges Licht; in welcher Richtung es sich bewegte, welchen Gegenständen es anhieng, wie seine Farbe, seine Dauer war u. s. w.; was für eine Art von Schall wir hörten, — ob einen explodirenden, krachenden, prasselnden, momentanen, oder einen allmählig zu- und abnehmenden u. s. w.; ob irgend ein Verbrennungsgeruch bemerkbar, und ob dieser schwefelicht, metallisch, oder nur von den vom Blitz versengten Gegenständen herrührend war u. s. w.; ob wir irgend einen Stoß, einen Schlag, ein eigenthümliches Gefühl, oder irgend einen fremdartigen Geschmack im Munde empfanden. Sodann müssen, neben den Wirkungen des Blitzschlags, alle Umstände, die in irgend einem Grade ihn muthmaaßlich anzuziehen, hervorzubringen und zu modificiren scheinen möchten, als die Gegenwart von Leitern, benachbarte Gegenstände, der Zustand der Atmosphäre, des Barometers, des Thermometers u. s. w., und die Anordnung der Wolken angemerkt werden; und nach allem diesen bliebe die Frage, wie es gekommen, daß das Haus getroffen worden? ihre Beantwortung in der Thatsache finden, daß in jenem Augenblicke in einer Entfernung von zwanzig Meilen ein Blitzstrahl vom Boden zu den Wolken gegangen, vermöge einer Wirkung, die mit dem Namen des Rückschlages bezeichnet wird.

113) Ein Schriftsteller führt in dem Edinburgh Philosophical Journal *) an, daß er zu einer Reihe von Untersuchungen über die chemische Natur einer eigenthümlichen Säure dadurch veranlaßt worden sei, daß er in einer Flüssigkeit, welche er wegzuschütten im Begriff gewesen, zufällig einen

*) Jahrgang 1819. B. 1. S. 8.

bitterem Geschmack wahrgenommen habe. Die Chemie ist voll von solchen Zufälligkeiten.

114) Bei einem vorübergehenden Phänomen müssen wir, wenn die Zahl der Einzelnheiten groß, und die Zeit, sie zu beobachten, kurz ist, unser Gedächtniß zu Rathe ziehen, ehe die Zeit seiner Dauer verstrichen ist, oder es dadurch erneuern, daß wir uns so viel wie möglich wieder in dieselben Umstände versetzen, z. B. nach dem Orte der Erscheinung zurückgehen, und die Worte unserer Angabe durch eine Herbeiziehung aller übrig bleibenden Anzeigen prüfen u. s. w. Diß ist ganz besonders nothwendig, wenn wir nicht selbst beobachtet haben, sondern nur die Beobachtungen Anderer, zumal unkundiger und vorurtheilsvoller Personen über irgend ein seltenes Phänomen, wie die Erscheinung eines großen Meteors, der Fall eines Steines vom Himmel, der Stoß eines Erdbebens, ein ungewöhnliches Hagelwetter u. s. w. sich sammeln und aufzeichnen.

115) In allen Fällen, wo eine Zählung oder Messung zulässig ist, ist es von der größten Bedeutung, genaue numerische Angaben über das Maaß der Zeit, des Raumes oder irgend einer anderen Größe zu erhalten. Dieses versäumen, hieße zunächst, uns den Täuschungen der Sinne preisgeben, woraus die gröbsten Irrthümer hervorgehen können. So sind wir in alpinischen Gegenden hinsichtlich der Höhen und Entfernungen beständigen Täuschungen unterworfen, und wenn wir den ersten Eindruck, der uns verleitete, sie zu gering zu schätzen, überwunden haben, sind wir kaum weniger geneigt, in das entgegengesetzte Extrem zu verfallen. Aber nicht bloß um uns vor übermäßigen Eindrücken zu bewahren, ist numerische Genauigkeit wünschenswerth, sie ist die wahre Seele der Wissenschaft, und ihre Erlangung gewährt das einzige, oder wenigstens das beste Criterium der Wahrheit der Theorien

und der Richtigkeit der Versuche. So waren einzig und allein dem Versäumniß genauer numerischer Quantitätsbestimmungen die Irrthümer und die Verwirrung in dem Stahl'schen System der Chemie beizumessen, welche wie ein Morgennebel verschwanden, sobald man Genauigkeit in dieser Beziehung für wesentlich zu halten anfieng. Die Chemie ist in überwiegendem Grade eine Wissenschaft der Quantität; und die Entdeckungen aufzuzählen, die in ihr bloß aus Maaß- und Gewichtsbestimmungen hervorgegangen sind, wäre beinahe so viel, als eine vollständige Uebersicht von diesem Zweige unseres Wissens zu geben. Wir dürfen nur das Gesetz der bestimmten Mischungsverhältnisse erwähnen, welches für die Zusammensetzung jedes Naturkörpers bestimmte Gewichtsverhältnisse seiner Bestandtheile festsetzt.

116) In der That ist es ein Merkmal aller höheren Naturgesetze, daß sie die Form genauer quantitativer Angaben annehmen. So drückt das Gravitationsgesetz, die allgemeinste Wahrheit, zu welcher die menschliche Vernunft bis jetzt gelangt ist, nicht bloß die allgemeine Thatsache der wechselseitigen Anziehung aller Materie, nicht bloß die unbestimmte Angabe, daß ihre Stärke mit der Zunahme der Entfernung abnimmt, sondern auch das genaue numerische Verhältniß dieser Abnahme aus, so daß, wenn ihr Betrag für irgend eine Entfernung bekannt ist, derselbe für jede andere genau berechnet werden kann. So haben die Gesetze der Crystallographie, welchen zufolge die von den, ihren eigenen inwohnenden Aggregationskräften überlassenen, Naturkörpern angenommenen Formen auf genaue geometrische Figuren mit fest bestimmten Winkeln und Verhältnissen beschränkt sind, denselben wesentlichen Character eines strengen mathematischen Ausdrucks, ohne welchen keine genaue specielle Folgerungen jemals aus ihnen gezogen werden könnten.

117) Um aber zu Gesetzen von dieser Beschaffenheit zu gelangen, muß augenscheinlich jeder Schritt unserer Forschung von dem geringsten Grade von Unvollständigkeit und Unbestimmtheit völlig frei sein und die volle Kraft einer strengen numerischen Aussage mit sich führen; und daher müssen die Beobachtungen selbst, auf denen zuletzt alle Gesetze ruhen, dieselbe Eigenschaft besitzen. Keiner unserer Sinne jedoch belehrt uns direct über eine genaue Vergleichung der Quantität. Zwar sind ganze Zahlen ein Gegenstand für die Sinne, weil wir zählen können; aber mit ununterstützten Sinnen können wir Bruchtheile weder wägen, noch messen, noch irgend eine genaue Schätzung von ihnen machen. Kaum kann Jemand einen Unterschied zwischen zwanzig Pfunden und demselben um wenige Unzen vermehrten oder verminderten Gewichte durch Abwägen in seiner Hand auffinden, viel weniger noch würde er durch dieses Mittel über das Verhältniß zwischen einer Unze Salz und hundert Gran Baumwolle ein Urtheil erlangen. Das Auge, um ein anderes Beispiel anzuführen, kann das Verhältniß verschiedener Grade von Beleuchtung, selbst nebeneinander gesehen, nicht beurtheilen; findet gar ein Zeitintervall zwischen ihnen statt, und wechseln die Umstände, so kann nichts unzuverlässiger sein, als seine Urtheile. Wenn wir beim Sonnenuntergange mit Bewunderung das prächtige Schauspiel goldener Wolken anstaunen, die mit Licht getränkt zu sein und wie Flammen oder Feuer zu glühen scheinen, so vermögen wir uns kaum mit Anstrengung zu überreden, sie als ganz dieselben Gegenstände zu betrachten, welche zur Mittagszeit unbemerkt als weiße sich sonnende Wolken vorüberziehen, und nur vermöge ihrer späteren großen horizontalen Entfernung an der röthlichen Färbung theilnehmen, welche leuchtende Körper beim Hindurchscheinen durch eine große Strecke der Dünste in der Atmosphäre

annehmen, aber dadurch von ihrem Lichte sogar noch etwas verlieren. Ebenso verhält es sich mit unseren Schätzungen der Zeit, der Geschwindigkeit und aller anderen Quantitätsverhältnisse; sie sind durchaus unzuverlässig und nicht geeignet, einer irgend bündigen Folgerung zur Grundlage zu dienen.

118) In dieser Noth sind wir gezwungen, zu instrumentellen Hülfsmitteln unsere Zuflucht zu nehmen, zu Einrichtungen nämlich, durch die wir an die Stelle unzuverlässiger Eindrücke der Sinne bestimmte Zahleneindrücke zu setzen, und alles Messen auf ein Zählen zu reduciren vermögen. Der nächste Schritt, dazu zu gelangen, besteht darin, daß wir angemessene Grundmaaße für Gewicht, Raum, Zeit u. s. w. festsetzen, und Einrichtungen ersinnen, sie leicht und richtig, so oft es uns beliebt, zu wiederholen, und zu zählen, wie oft ein solches Grundmaaß als Einheit in dem zu messenden Dinge, sei es Gewicht, Raum, Zeit oder Winkel, enthalten ist. Bleibt dann ein Bruchtheil übrig, so messen wir ihn als eine neue Quantität durch aliquote Theile des ersten Grundmaaßes.

119) Wenn jeder wissenschaftliche Forscher nur zu seiner eigenen Befriedigung beobachtete, und nur aus eigenen Beobachtungen Schlüsse zu ziehen hätte, so wäre es ziemlich gleichgültig, welche Grundmaaße er gebrauchte, oder was für Einrichtungen er (wenn sie nur richtig wären) zu diesem Zwecke in Anwendung brächte. Wenn aber (und es ist wichtig, daß es geschehe) beabsichtigt wird, alle einmal gemachten Beobachtungen als Urkunden für die ganze Menschheit und für die ganze Nachwelt aufzubewahren, so ist es augenscheinlich von der höchsten Bedeutung, daß alle Forscher sich über den Gebrauch eines gemeinschaftlichen Grundmaaßes vereinigen, und daß dieses ein solches sei, welches durch keinen Zeitverlauf eine Veränderung erleiden

117) Um aber zu Gesetzen von dieser Beschaffenheit zu gelangen, muß augenscheinlich jeder Schritt unserer Forschung von dem geringsten Grade von Unvollständigkeit und Unbestimmtheit völlig frei sein und die volle Kraft einer strengen numerischen Aussage mit sich führen; und daher müssen die Beobachtungen selbst, auf denen zuletzt alle Gesetze ruhen, dieselbe Eigenschaft besitzen. Keiner unserer Sinne jedoch belehrt uns direct über eine genaue Vergleichung der Quantität. Zwar sind ganze Zahlen ein Gegenstand für die Sinne, weil wir zählen können; aber mit ununterstützten Sinnen können wir Bruchtheile weder wägen, noch messen, noch irgend eine genaue Schätzung von ihnen machen. Kaum kann Jemand einen Unterschied zwischen zwanzig Pfunden und demselben um wenige Unzen vermehrten oder verminderten Gewichte durch Abwägen in seiner Hand auffinden, viel weniger noch würde er durch dieses Mittel über das Verhältniß zwischen einer Unze Gold und hundert Gran Baumwolle ein Urtheil erlangen. Das Auge, um ein anderes Beispiel anzuführen, kann das Verhältniß verschiedener Grade von Beleuchtung, selbst neben einander gesehen, nicht beurtheilen; findet gar ein Zeitintervall zwischen ihnen statt, und wechseln die Umstände, so kann nichts unzuverlässiger sein, als seine Urtheile. Wenn wir beim Sonnenuntergange mit Bewunderung das prächtige Schauspiel goldener Wolken anstaunen, die mit Licht getränkt zu sein und wie Flammen oder Feuer zu glühen scheinen, so vermögen wir uns kaum mit Anstrengung zu überreden, sie als ganz dieselben Gegenstände zu betrachten, welche zur Mittagszeit unbemerkt als weiße sich sonnende Wolken vorüberziehen, und nur vermöge ihrer späteren großen horizontalen Entfernung an der röthlichen Färbung theilnehmen, welche leuchtende Körper beim Hindurchscheinen durch eine große Strecke der Dünste in der Atmosphäre

annehmen, aber dadurch von ihrem Lichte sogar noch etwas verlieren. Ebenso verhält es sich mit unseren Schätzungen der Zeit, der Geschwindigkeit und aller anderen Quantitätsverhältnisse; sie sind durchaus unzuverläßig und nicht geeignet, einer irgend bündigen Folgerung zur Grundlage zu dienen.

118) In dieser Noth sind wir gezwungen, zu instrumentellen Hülfsmitteln unsere Zuflucht zu nehmen, zu Einrichtungen nämlich, durch die wir an die Stelle unzuverläßiger Eindrücke der Sinne bestimmte Zahleneindrücke zu setzen, und alles Messen auf ein Zählen zu reduciren vermögen. Der nächste Schritt, dazu zu gelangen, besteht darin, daß wir angemessene Grundmaaße für Gewicht, Raum, Zeit u. s. w. festsetzen, und Einrichtungen ersinnen, sie leicht und richtig, so oft es uns beliebt, zu wiederholen, und zu zählen, wie oft ein solches Grundmaaß als Einheit in dem zu messenden Dinge, sei es Gewicht, Raum, Zeit oder Winkel, enthalten ist. Bleibt dann ein Bruchtheil übrig, so messen wir ihn als eine neue Quantität durch aliquote Theile des ersten Grundmaaßes.

119) Wenn jeder wissenschaftliche Forscher nur zu seiner eigenen Befriedigung beobachtete, und nur aus eigenen Beobachtungen Schlüsse zu ziehen hätte, so wäre es ziemlich gleichgültig, welche Grundmaaße er gebrauchte, oder was für Einrichtungen er (wenn sie nur richtig wären) zu diesem Zwecke in Anwendung brächte. Wenn aber (und es ist wichtig, daß es geschehe) beabsichtigt wird, alle einmal gemachten Beobachtungen als Urkunden für die ganze Menschheit und für die ganze Nachwelt aufzubewahren, so ist es augenscheinlich von der höchsten Bedeutung, daß alle Forscher sich über den Gebrauch eines gemeinschaftlichen Grundmaaßes vereinigen, und daß dieses ein solches sei, welches durch keinen Zeitverlauf eine Veränderung erleiden

kann. Die Wahl und Verification eines ſolchen Grundmaaßes jedoch iſt, wie leicht zu erachten, eine Sache von der äußerſten Schwierigkeit, ſchon allein wegen des einen Umſtandes, daß man, um ſich von der Unveränderlichkeit eines ſolchen zu überzeugen, es mit anderen vergleichen muß, welche möglicherweiſe ſelbſt ungenau ſind, oder wenigſtens auch der Veriſitation bedürfen.

120) Hier können wir nur die muthmaaßliche, durch alle Erfahrung beſtätigte Permanenz der großen Naturgeſetze und den ſtarken Eindruck zu Hülfe rufen, den wir von der allgemeinen Einrichtung und Beſtändigkeit aller zu der gigantiſchen von uns bewohnten Maſſe, »dem großen Erdball ſelbſt,« gehörenden Dinge haben. In ſeiner gleichförmigen Umdrehung um ſeine Axe finden wir daher ein Grundmaaß der Zeit, welches aus keinem Grunde jemals als veränderlich betrachtet werden kann, und welches, zufolge der Vergleichung mit anderen, von den Umläufen der Planeten um die Sonne dargebotenen Zeitperioden, beweislich auch ſeit den früheſten geſchichtlichen Zeiten keine Veränderung erlitten hat. In den Dimenſionen der Erde finden wir eine natürliche Maaßeinheit des Raums, die jede erwünſchte Eigenſchaft in Vollkommenheit beſitzt; und in ihrer Attraction verbunden mit ihrer Rotation, haben die Forſchungen der dynamiſchen Wiſſenſchaft uns vermittelſt des Pendels in den Stand geſetzt, ein anderes unveränderliches Grundmaaß zu gewinnen, welches zwar in ſeinem Urſprunge weniger einfach und einleuchtend erſcheint, aber hinſichtlich ſeiner Fähigkeit einer leichteren Verification einen großen Vorzug beſitzt, und daher ſehr geeignet iſt, zum Anhalt für die anderen zu dienen. Das erſtere, die directe Meſſung der Erddimenſionen nämlich, iſt der Urſprung des Meters, der franzöſiſchen Einheit des Linearmaaßes; das letztere des brittiſchen Yards. Theoretiſch

genommen sind beide gleich annehmlich. Wenn wir aber bedenken, daß die direct gemessene Quantität beim Meter das Vieltausendfache der endlichen Einheit, beim Pendel oder Yard aber nahe die Einheit selbst ist, so kann man nicht anstehen, den Vorzug als Originalmaaß dem ersteren einzuräumen, weil irgend ein in dem Verfahren, wodurch es bestimmt worden, begangener Fehler in dem Endresultate vielfach verringert ist, während umgekehrt der geringste Fehler in der Bestimmung der Pendellänge bei allen mit dem Yard ausgeführten Messungen großer Längen durch die Wiederholung der Einheit vervielfacht wird.

121) Dieselbe bewunderungswürdige Erfindung des Pendels gewährt das Mittel, die Zeit mit einer fast unbegrenzten Schärfe abzutheilen. Eine Uhr ist nichts anderes, als ein Mechanismus zur Zählung der Pendelschläge; und vermöge der besonderen Eigenschaft des Pendels, daß eine Schwingung genau dann anfängt, wenn die vorhergehende beendigt ist, wird keine Zeit bei der Aufeinanderfolge der so gezählten Einheiten verloren oder gewonnen, so daß der durch eine jede solche Einheit gemessene Bruchtheil eines Tages mit Genauigkeit angegeben werden kann.

122) Nur dieser besonderen Eigenschaft, vermöge welcher die Juxtaposition der Zeit- und Gewichtseinheiten ohne Fehler vollführt werden kann, ist die große Genauigkeit beizumessen, mit welcher Zeit und Gewicht abgetheilt und vervielfacht werden können *). Dasselbe kann durch

*) Das abstracte Repetitionsprincip bei Messungen (nämlich fehlerfreie Juxtaposition der Einheiten) ist in ungemein vielen Fällen anwendbar, wo es darauf ankommt, Quantitätsbestimmungen mit äußerster Schärfe zu machen. In der Chemie scheint es bei der Bestimmung der Atomengewichte der Körper leicht und vollständig durch ein Verfahren, welches sich sogleich jedem Chemiker darbieten wird, in Anwendung gebracht werden zu können, und das einzige noch feh-

keine bis jetzt bekannte Methode beim Raume erreicht werden, so daß unsere Mittel zur Abtheilung des Raumes jenen anderen an Präcision bedeutend nachstehen. Das schöne von Borda erfundene Princip der Repetition gewährt die beste Annäherung dazu, kann jedoch nicht als absolut frei von der fraglichen Fehlerquelle angesehen werden. Die Methode der »doppelten Wägung,« die wir demselben ausgezeichneten Beobachter verdanken, bietet ein Beispiel dar von der directen Vergleichung zweier gleicher Gewichte, die von beinahe jeder Fehlerquelle unabhängig ist, welche die Vergleichung eines Objects mit einem anderen afficiren kann. Es ist von Biot bemerkt worden, daß vor der Erfindung dieser eleganten Methode die Instrumente kein vollkommenes Mittel zur Bestimmung des Gewichts eines Körpers dargeboten haben.

123) Aber es ist nicht genug, ein Grundmaaß von dieser abstracten Art zu besitzen; es muß auch ein wirkliches materielles Maaß construirt, und genaue Copien müssen von diesem genommen werden. Dieß ist indeß nicht sehr schwierig. Die große Schwierigkeit besteht vielmehr darin, es unverändert von Zeitalter zu Zeitalter zu bewahren; denn ohne die Ueberlieferung unserer Maaßeinheiten in dem Zustande, in welchem wir sie gebraucht haben, hinterlassen wir der Nachwelt unsere Beobachtungen nur halb. Dieß ist ein noch viel zu wenig beachteter Punct, und es wäre sehr zu wünschen, daß für einen so wichtigen Gegenstand directe Vorsichtsmaaßregeln getroffen würden *).

tende zu sein, um die Genauigkeit der chemischen Bestimmungen in gleichen Rang mit den bei astronomischen Messungen erreichten zu stellen.

*) Accurate und völlig authentische Copien des Yards und

124) Aber, kann man fragen, wenn unsere Messung der Quantität so unvermeidlich mit Fehlern behaftet ist, wie ist es denn möglich, daß unsere Beobachtungen jene Eigenschaft numerischer Wahrheit besitzen können, welche erforderlich ist, um sie zu Grundlagen von Gesetzen zu machen, deren unterscheidende Vollkommenheit in ihrem streng mathematischen Ausdruck besteht? Hierauf ist zweierlei zu antworten: 1) daß wir, obgleich wir die nothwendige Existenz numerischer Fehler in jeder Beobachtung einräumen müssen, immer eine Grenze angeben können, welche der Fehler möglicherweise nicht überschreiten kann; und die Größe dieses möglichen Betrags der Beobachtungsfehler steht im Verhältniß zu dem Grade der Vollkommenheit unserer instrumentellen Hülfsmittel und der bei ih-

Fundes, in Platina ausgeführt und hermetisch in Glas eingeschlossen, sollten tief im Innern des massiven Fundaments jedes großen öffentlichen Gebäudes niedergelegt werden, von wo sie nur mit einem solchen Grade von Schwierigkeit hervorgeholt werden könnten, daß man nicht befürchten dürfte, dieß werde anders als bei einer sehr bedeutungsvollen und dringenden Gelegenheit geschehen. Das Factum selbst sollte dann öffentlich bekannt gemacht, und das Gedächtniß desselben durch eine Inschrift bewahrt werden. In der That, welch eine werthvolle und nützliche Belehrung über den jeweiligen Zustand der Künste und Wissenschaften könnte der Nachwelt in einer bestimmten, fühlbaren und unvergänglichen Gestalt hinterlassen werden, wenn, anstatt einiger unnützen Geldstücke und Medaillen, Probestücke von sinnreichen Geräthen oder gedrängte Darstellungen wissenschaftlicher Wahrheiten oder der in den Künsten und Manufacturen üblichen Verfahrungsarten unter die Fundamente der Gebäude gelegt würden! Werden Bücher unfehlbar einer späten Nachwelt alles aufbewahren, was wir ihr von uns selbst und unsern Entdeckungen mitzutheilen wünschen, oder was sie zu wissen wünschen wird? Und sollte nicht eine bedeutungslose Ceremonie so in einen Act verwandelt werden, wodurch das, was wir als das Preswürdigste und Werthvollste anerkennen, in ein unvergängliches Archiv niedergelegt würde?

rem Gebrauch angewandten Sorgfalt. Bei dem größeren Theile heutiger Messungen ist sie in der That äußerst gering, und wird noch ferner fast bis zu jedem verlangten Grade vermindert werden können, durch eine vielfache Wiederholung der Messungen unter einer großen Verschiedenheit von Umständen, und durch die Ziehung eines Mittels aus den Resultaten, wobei Fehler entgegengesetzter Art sich zuletzt ausgleichen werden. Aber es giebt 2) noch eine gründlichere Erwiderung auf diesen Einwurf. Beim Raisonnement über unsere Beobachtungen ist die Existenz und der mögliche Betrag eines quantitativen Fehlers immer vorauszusetzen, und nie außer Acht zu lassen, in welchem Maaße die Theorien davon afficirt werden können. Indem wir in unserm Raisonnement von anerkannt unvollkommenen Beobachtungen zu allgemeinen Gesetzen emporsteigen, müssen wir stets Sorge tragen, unsere Folgerungen, so weit sie von solchen unvermeidlichen Unvollkommenheiten afficirt sein können, als bedingt zu betrachten; und wenn wir endlich auf dem höchsten Puncte angekommen und zu Axiomen gelangt sind, welche ein allgemeines und deductives Raisonnement zulassen, so bleibt noch die Frage, ob sie in Folge der Beobachtungsfehler unrichtig sind oder nicht, zu entscheiden übrig, und bedarf einer nachfolgenden sorgfältigen Untersuchung. Dieser Punct wird weiterhin noch in nähere Betrachtung gezogen werden, wenn wir von der Bestätigung der Theorien und von den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit zu reden haben werden.

125) Was die Aufzeichnung unserer Beobachtungen betrifft, so soll sie nicht nur umständlich, sondern auch glaubwürdig sein, worunter wir verstehen, daß sie alles, was wir beobachtet haben, und nichts anderes enthalten soll. Ohne die mindeste Absicht, unsern Bericht zu verfälschen, können wir doch unvermerkt, durch eine Ver-

mischung der Ansichten und der Sprache einer fehlerhaften Theorie mit dem Ausdruck der einfachen Thatsache, dazu kommen. Wenn wir z. B. in der Beschreibung eines Blitzschlages sagen wollten: »Der Donnerkeil traf mit Heftigkeit gegen die Seite des Hauses und schlug in die Wand,« so würden wir eine Thatsache ausdrücken, die wir nicht gesehen haben, und unsere Leser verleiten, zu glauben, daß ein fester wägbarer Körper fortgeschleudert worden sei. Der »starke Schwefelgeruch,« welcher angeblich zuweilen den Blitz begleiten soll, ist ein Ueberbleibsel von der Theorie, nach welcher Donner und Blitz von der Explosion einer Art luftförmigen aus schwefelichten und salpetrichten Ausdünstungen zusammengesetzten Schießpulvers herrühren sollte. Es sind manche Gegenstände ganz besonders mit dieser Einmengung der Theorie in die Angabe beobachteter Thatsachen behaftet. Die frühere Chemie war mit solchen Uebelständen so überladen, daß dadurch die Beschreibungen unzähliger seltsamer und mühsamer Versuche verwirrt und unbrauchbar wurden. Auch in der Geologie war es, wegen dieses Umstandes, bis zu einer sehr neuen Zeit oft sehr schwierig, auszumitteln, welches die beobachteten Thatsachen eigentlich seien. So beschrieb Faujas de St. Fond, in seinem Werke über die Vulcane im mittleren Frankreich, mit dem Anschein äußerster Genauigkeit Crater, die nirgends, als in seiner eigenen Einbildung existirten. Von einem Beobachter kann, eine directe Verfälschung der Thatsachen ausgenommen, kein größerer Fehler begangen werden.

126) Wenn besondere Zweige der Wissenschaft jenen Grad von Consistenz und Allgemeinheit erlangt haben, welcher eine abstracte Aufstellung von Gesetzen und ein gesetzmäßiges deductives Raisonnement zuläßt, so führt das Princip der Arbeitstheilung zu einer Trennung der Gebiete der Beobachtung und der Theorie. Es läßt sich keine Re-

chenschaft über die Verschiedenheit des Geistes oder der Neigung geben, die den Einen zur sorgsamen Beobachtung der Entwickelungen der Phänomene, den Andern zum Nachdenken über ihre Ursachen treibt. Aber es ist sehr zweifelhaft, ob die höheren Wissenschaften ohne diese glückliche Verschiedenheit auch nur ihren jetzigen Grad von Ausbildung je mals zu erreichen vermocht hätten. So wie Gesetze Allgemeinheit erlangen, nimmt der Einfluß individueller Beobachtungen ab, und es wird, um ihnen Bedeutung zu verleihen, ein immer höherer Grad von Vollendung in ihrer Ausführung, so wie eine große Vervielfältigung ihrer Zahl nothwendig. In der Astronomie z. B. sind die höheren Gebiete der Theorie von der Praxis der Beobachtungen völlig getrennt.

127) Zur Bildung eines vollkommenen Beobachters gehört indessen, sowohl in der Astronomie, als in jedem anderen Theile der Wissenschaft, eine ausgedehnte Bekanntschaft nicht nur mit der besonderen Wissenschaft, auf welche seine Beobachtungen sich beziehen, sondern auch mit jedem Zweige des Wissens, wodurch er die Fähigkeit erlangen kann, die Einwirkung äußerer störender Ursachen zu würdigen und aufzuheben. So ausgerüstet wird er vorbereitet sein, alle solche kleine Anzeigen wahrzunehmen, welche (so kunstvoll ist das Gewebe der Natur) oft Phänomene, die nicht den geringsten Zusammenhang zu haben scheinen, mit einander verknüpfen. Es wird, so zu sagen, seine Augen geöffnet haben, daß sie sofort von jedem Vorfall, der, angenommenen Theorien zufolge, nicht eintreten sollte, getroffen werden; denn solche Thatsachen sind es, die als Schlüssel zu neuen Entdeckungen dienen. Die Ablenkung der Magnetnadel durch den Einfluß eines electrischen Leitungsdraths muß sich den Blicken der mit galvanischen Versuchen beschäftigten und von physicalischen Apparaten aller Art

umgebenen Personen tausendmal in merkbarer Größe dargeboten haben; aber es bedurfte des Auges eines Naturforschers wie Oersted, die Anzeige zu erfassen, und auf ihren Ursprung zurückzuführen, und dadurch zwei große Zweige der Wissenschaft mit einander zu verknüpfen. Malu's große Entdeckung der Lichtpolarisation durch Zurückwerfung entsprang aus seiner zufälligen Bemerkung, daß eines von den Bildern eines Fensters im Pallast Luxemburg, welches er durch ein doppeltbrechendes Prisma betrachtete, eines Abends bei einer starken Erleuchtung durch die untergehende Sonne verschwand.

128) Uns so viel wie möglich die Vortheile zu Nutze zu machen, die für die Einsammlung von Thatsachen aus einer Theilung der Arbeit vermöge der Betriebsamkeit und Thätigkeit hervorgehen können, welche die allgemeine Verbreitung von Belehrung in unserer Zeit hervorruft, ist eine Sache von großer Wichtigkeit. Es möchte kaum irgend einen Wohlunterrichteten geben, der, wenn er nur den Willen hat, es nicht auch in seiner Gewalt hätte, dem allgemeinen Fond unsers Wissens etwas Wesentliches hinzuzufügen, wenn er nur regelmäßig und methodisch irgend eine besondere Classe von Erscheinungen, die seine Aufmerksamkeit am meisten erregt, oder zu deren erfolgreichem Studium seine Lage ihn vorzugsweise befähigt, beobachten will. Wir wollen beispielshalber nur folgende Lehren anführen, die nur durch vereinigte Beobachtungen einer großen Zahl weit zerstreuter Personen wirksam vervollkommnet werden können: — die Meteorologie, einer der verwickeltsten, aber wichtigsten Zweige der Naturwissenschaft, ist zugleich ein solcher, worin Jeder, der sich an einfache Regeln binden, und den erforderlichen Grad von Aufmerksamkeit anwenden mag, nützliche Dienste leisten kann; — welche Wohlthaten hat nicht die Geologie von der Thätigkeit betriebsa-

men Personen geerntet, welche, alle theoretischen Ansichten bei Seite setzend, sich mit der nützlichen und höchst unterhaltenden Beschäftigung begnügt haben, Probestücke von den Gesteinen der von ihnen besuchten Gegenden zu sammeln. Kurz, es giebt keinen Zweig der Wissenschaft, worin nicht, wenigstens wenn nützliche und verständliche Fragen bestimmt aufgestellt werden, eine ungeheure Masse werthvoller Belehrung von allen denen gesammelt werden könnte, welche in ihren verschiedenen Lebensbahnen, daheim oder draußen, an bleibender Stätte oder auf Reisen, sich gern der Gelegenheiten, nützlich zu werden, bedienen mögen. Nichts würde mehr dazu beitragen, dieses Ziel zu erreichen, als die Circulation gedruckter Formulare über verschiedene Gegenstände, enthaltend: 1) bestimmte und passende Fragen, die kurze und bestimmte Antworten zulassen; 2) die Aufforderung zu genauen numerischen Angaben über alle Hauptpuncte; 3) die Bezeichnung der begleitenden Umstände, deren höchst wahrscheinlicher Einfluß durch Beobachtungen nachzuweisen sein würde; 4) die Aufforderung, diese Formulare, gehörig ausgefüllt, demnächst einer gemeinschaftlichen Centralbehörde zur Benutzung zu übergeben.

Fünftes Capitel.

Von der Classification natürlicher Gegenstände und Phänomene und von der Nomenclatur.

129) Die Zahl und Mannigfaltigkeit der Gegenstände und Beziehungen, welche die Beobachtung der Natur uns vorführt, ist so groß, daß sie die Aufmerksamkeit zerstreuen würde, wenn diese nicht von einer zweckmäßigen Vertheilung derselben in Classen, wodurch unser Blick zur Zeit auf wenige beschränkt wird, oder in durch allgemeine Aehnlichkeiten so verbundene Gruppen, daß sie, für den unmittelbaren Zweck, um dessentwillen wir sie betrachten, als Individuen angesehen werden können, unterstützt und geleitet würde. Ehe wir irgend eine Aufstellung machen können, welche den Namen einer allgemeinen und systematischen Uebersicht der Natur verdient, ist es nothwendig, daß wir eine, wenn nicht vollständige, doch wenigstens sehr ausgedehnte Aufzählung ihrer Stoffe und Verbindungen besitzen, und daß diejenigen, die einigermaßen als wichtig erscheinen, durch Namen unterschieden werden, welche nicht nur sie in unserem Gedächtniß festzuhalten geeignet sind, sondern auch gleichsam Kerne oder Mittelpuncte bilden, um welche die Belehrung in Masse angehäuft werden kann. Die Benennung irgend eines Gegenstandes der Betrachtung, sei er ein materielles Object, ein Naturphänomen, oder eine aus einem besonderen Gesichtspuncte betrachtete Gruppe

von Thatsachen und Beziehungen, ist eine Epoche von grosser Wichtigkeit in dessen Geschichte. Sie bewirkt nicht nur, daß wir uns in der Unterhaltung oder beim Schreiben auf denselben ohne Umschreibung beziehen können, sondern, was noch folgenreicher ist, verleiht ihm auch in unserem Geiste eine anerkannte Existenz, als einem besonders und getrennt zu betrachtenden Dinge; stellt ihn auf eine Liste zur Prüfung, und macht ihn zu einem Haupt oder Titel, unter welchem mannigfache Belehrung zusammengeordnet werden kann, und eben dadurch geeignet, den Dienst eines Verbindungsgliedes zwischen allen den Gegenständen zu verrichten, auf welche eine solche Belehrung sich beziehen mag.

130) Für diese Zwecke mag indessen ein temporärer, oder provisorischer, oder ein dem gemeinen Sprachgebrauch angepaßter Name genügen. Wenn aber eine sehr große Menge von Gegenständen, besonders solcher, die keine sehr bemerklichen und deutlichen Unterscheidungen darbieten, in einer Classe vereinigt werden müssen, dann wird eine mehr systematische Nomenclatur nothwendig, deren Benennungen sowohl die Unterschiede, als die Aehnlichkeiten zwischen den Individuen einer Classe bezeichnen sollen, und in welcher die directe Beziehung zwischen dem Object und seinem Namen die Auflösung des Problems: »wenn das eine gegeben, das andere zu bestimmen,« wesentlich erleichtern soll. Wie nothwendig dieß wird, wird man sogleich einsehen, wenn man die ungeheure Zahl individueller Objects oder vielmehr Species betrachtet, die fast von jedem einigermaaßen ausgebreiteten Zweige der Wissenschaft umfaßt werden, und durchaus von einander unterschieden werden müssen. So beschäftigt sich der Botaniker mit 80,000 bis 100,000 Species von Pflanzen, der Entomolog mit vielleicht eben so vielen Insectenspecies; der Chemiker hat die Eigenschaften der Verbindungen von einigen

und funfzig verschiedenen Elementen zu zweien, zu dreien, zu vieren und so fort, und zwar in verschiedenen Verhältnissen, zu registriren, die alle wesentlich von einander verschieden sind, und wovon, obgleich deren viele tausend bekannt sind, bei weitem der größere Theil noch nie gebildet worden ist, neue aber zu hunderten, im Fortgange der Wissenschaft, in ununterbrochener Folge ans Licht kommen, und bei ihrer Entstehung sofort benannt werden müssen. Die Gegenstände der Astronomie sind buchstäblich so zahlreich, wie die Sterne am Himmel; und wenn gleich nicht mehr, als ein oder zweitausend, mit bestimmten Namen belegt zu werden brauchen, so ist doch die Zahl derer, hinsichtlich welcher eine besondere Belehrung erforderlich ist, nicht geringer, als das Hundertfache von jener; und alle müssen vollständig und ohne Auslassungen, wenn nicht unter wirklichen Namen, doch wenigstens unter gleichgeltenden Bezeichnungen, in Verzeichnisse gebracht werden.

131) Die Nomenclatur ist daher, an und für sich selbst, unzweifelhaft ein wichtiger Theil der Wissenschaft, da sie vor einer Verirrung in einer Wildniß von Einzelnheiten und vor einer Verwickelung in eine unauflösliche Verwirrung schützt. Glücklicherweise zeigt sich in jenen großen Zweigen der Wissenschaft, in denen die Classificationsgegenstände am zahlreichsten sind, und die Nothwendigkeit einer deutlichen und angemessenen Nomenclatur am dringendsten ist, bei ihrer Aufstellung keine sehr große Schwierigkeit. Die große Menge der Gegenstände selbst setzt uns in den Stand, sie in untergeordnete Classen, die gut genug begrenzt sind, um Namen zuzulassen, und diese wieder in andere zu gruppiren, deren Namen mit den ersteren verbunden oder zusammengesetzt werden können, bis zuletzt die besondere Species bezeichnet wird. Die Leichtigkeit, womit der Botaniker, der Entomolog, der Chemiker jedem indi-

viduellen Gegenstande in seiner Wissenschaft einen Namen beilegt, zeigt, was auf diesem Wege geleistet werden kann, wenn die Merkmale selbst bestimmt sind. In anderen Zweigen findet sich indessen eine beträchtliche Schwierigkeit. Sie zeigt sich besonders da, wo die zu bezeichnenden Species sich in gewissen, allen gemeinschaftlichen Eigenschaften hauptsächlich nur dem Grade nach unterscheiden, und wo diese Grade unmerklich in einander übergehen. Vielleicht können solche Gegenstände kaum als reif für eine systematische Nomenclatur angesehen werden, und der Versuch, eine solche aufzustellen, kann dann nur ein partieller sein, und nur solche Gruppen von Individuen umfassen, die in augenscheinlich natürlichen und generischen Characteren mit einander übereinstimmen, während allen übrigen so lange gewöhnliche oder provisorische Benennungen verbleiben müssen, bis sie besser bekannt und dadurch geeignet sein werden, wissenschaftlich gruppirt zu werden.

132) In der That ist die Nomenclatur, aus einem wissenschaftlichen Gesichtspuncte betrachtet, eben so sehr und vielleicht mehr eine Folge, als eine Ursache ausgedehnten Wissens. Jeder mag einem Dinge leicht einen willkührlichen Namen geben, bloß um darüber reden zu können; um aber einen Namen zu ertheilen, der dem Dinge zugleich seine Stelle in einem System anweisen soll, müssen wir seine Eigenschaften kennen, und auch ein System *haben*, das umfassend und regelmäßig genug ist, um jenes an einem ihm zukommenden Platze, und an keinem anderen, aufzunehmen. Es scheint daher zweifelhaft zu sein, ob es für die wesentlichen Zwecke der Wissenschaft wünschenswerth ist, daß man nach einer äußersten Vollendung in der systematischen Nomenclatur strebe. Wäre freilich die Wissenschaft vollkommen, so würden sich Classificationssysteme aufstellen lassen, welche jedem Gegenstande in der

Natur einen Platz in irgend einer Classe anweisen würden, der ihm vorzugsweise, mehr als irgend ein anderer, zukäme, und an welchem er einen, nie nachher wieder zu verändernden Namen bekommen könnte. Aber so lange dieses nicht der Fall ist, und so lange neue Beziehungen täglich entdeckt werden, müssen wir uns wohl hüten, mit Gewalt auf die Aufstellung und Ausdehnung von Classen, die irgend etwas Künstliches in sich enthalten, als eine Basis einer strengen Nomenclatur zu bestehen, und besonders, die Mittel mit dem Zwecke zu verwechseln, und Convenienz und Bestimmtheit einer Sucht zum Anordnen zu opfern. Jede von einer künstlichen Classification abhängige Nomenclatur ist nothwendig Schwankungen unterworfen, und fast nichts kann das Uebel einer Abänderung wohl begründeter und allgemein angenommener Namen aufwiegen. In der Natur macht ein und derselbe Gegenstand einen Theil unzählig vieler verschiedener Systeme, ein Individuum in unzählig vielen Gruppen aus, die nach den verschiedenen Gesichtspuncten, aus welchen sie betrachtet werden können, von größerer oder geringerer Wichtigkeit sind. Es können daher eben so viele verschiedene Nomenclatursysteme erdacht werden, als Classificationsprincipien entdeckt werden können, während es doch höchst wünschenswerth ist, daß wo möglich jedes Ding allgemein nur einen einzigen Namen führe. Folglich muß bei allen Gegenständen, wobei sich keine umfassenden Classificationsprincipien hervorstechend darbieten, alle Nomenclatur ein Uebermaaß von Schwierigkeiten herbeiführen, und dann ist ein guter, kurzer, nichtssagender Name, der einmal in den Sprachgebrauch eingeführt worden, fast jedem anderen vorzuziehen.

133) In keiner Wissenschaft sind die aus der Sucht nach Namengebung hervorgegangenen Uebel in solchem Maaße

fühlbar geworden, als in der Mineralogie. Die Zahl der gegenwärtig den Mineralogen bekannten einfachen Fossilien beläuft sich nur auf wenige hundert; aber es giebt kaum eines, das nicht in verschiedenen Büchern vier oder fünf Namen hätte. Die unglückliche Folge davon ist, daß kein Name lange genug dauert, um sich befestigen zu können, und daß jeder neue Schriftsteller über diese interessante Wissenschaft, als mit etwas Ueblichem, damit beginnt, alle frühere Nomenclatur bei Seite zu schieben, und eine neue an ihre Stelle zu setzen. Die Krone ist diesem höchst unangemessenen und verwirrten Zustande der Dinge zuletzt durch die Erscheinung eines, in anderer Beziehung ungewöhnlich verdienstvollen und daher die höchste Autorität besitzenden, Systems aufgesetzt worden, in welchem Namen, die allgemein im Umlauf waren, die sich bisher mitten in der allgemeinen Verwirrung fest behauptet hatten, und die sogar in den gewöhnlichen Sprachgebrauch übergegangen waren, indem sie als Benennungen von Species zu bestimmt waren, um Mißverständniß zuzulassen, nun mit einem Male zu generischen gemacht und auf ganze Gruppen von Gegenständen ausgedehnt wurden, welche in nichts, als in den willkührlichen Classificationsprincipien mit einander übereinstimmen, denen zufolge die wichtigsten natürlichen Beziehungen absichtlich und geständigermaaßen ganz verworfen werden *).

134) Die Classificationen hingegen, durch welche die Wissenschaft wirklich gefördert wird, sind sehr weit verschieden von jenen, welche künstlichen Nomenclatursystemen zur Grundlage dienen. Sie durchkreuzen und durchschneiden

*) In dem erwähnten Systeme ist der Name Quarz auf Jolith und Obsidian; der Name Glimmer auf Reißblei, Chlorit und Uranit; der Name Schwefel auf Operment und Realgar übertragen u. s. w. S. Mohs's System der Mineralogie.

sich gleichsam in allen möglichen Richtungen, und es ist recht eigentlich ihr Ziel, alle Gegenstände der Natur in ein enges und dichtes Gewebe gegenseitiger Beziehung und Abhängigkeit zusammenzuflechten. Sobald daher irgend eine Aehnlichkeit oder Analogie, irgend ein Punct der Uebereinstimmung zwischen zwei oder mehr Dingen, seien sie Objecte oder Phänomene oder Gesetze, wahrgenommen wird, constituiren sie sich unmittelbar und von selbst zu einer Gruppe oder Classe, welche bis zu jeder Ausdehnung durch das Hinzukommen solcher neuer Objecte, Phänomene oder Gesetze, deren Uebereinstimmung mit jenen in demselben Puncte in der Folge nachgewiesen werden mag, erweitert werden kann. Auf diese Weise werden die Bestandtheile der Welt in natürliche Familien zusammen gruppirt, wovon die Chemie in ihren verschiedenen Gruppen von Alkalien, Säuren, Schwefelungen u. s. w., die Botanik in ihren Familien der Euphorbiaceen, der Umbelliferen u. s. w. Beispiele liefern. Auf diese Weise ferner nehmen Phänomene ihre Stellen unter allgemeinen Aehnlichkeitspuncten ein, wie in der Optik jene, die zur Classe der periodischen Farben, der doppelten Brechung u. s. w. gehören, und so werden Aehnlichkeiten selbst aufgesucht, welche zu verallgemeinern und in abstracte Sätze einzuschließen das Geschäft der Induction ist.

135) Aber jede nach einer positiven Aehnlichkeit der Charactere, oder nach einer bestimmten Analogie gebildete Classe zieht die Betrachtung einer negativen Classe nach sich, in welcher entweder durchaus keine, oder eine entgegengesetzte Aehnlichkeit statt findet. Wiederum giebt es auch Classen, worin die Individuen eine gegebene Eigenschaft in einem absteigenden Grade von Stärke besitzen. Nun ist es aber von Wichtigkeit, zwischen Fällen, die einen wirklichen Gegensatz der Eigenschaften, und solchen, die nur eine Ver-

änderung der Intenſität in einer Eigenſchaft, welche einer Gradation bis zum Unmerklichwerden fähig iſt, enthalten, gehörig zu unterſcheiden. So wird z. B. zwiſchen Durchſichtigkeit und Undurchſichtigkeit beim erſten Blick ein directer Gegenſatz zu beſtehen ſcheinen; wenn wir aber die Abſtufungen, in welchen die Durchſichtigkeit der Naturkörper abnimmt, näher betrachten, ſo werden wir Urſache finden, anzunehmen, daß die letztere Eigenſchaft, anſtatt der erſteren *entgegengeſetzt* zu ſein, nur ihr *niedrigſter Grad* iſt. Eben ſo erſtreckt ſich bei der Anordnung der Naturkörper nach ihrem ſpecifiſchen Gewichte die Scale auf die ganze Natur, und wir kennen keinen mit dem Entgegengeſetzten der Schwere, mit abſoluter *Leichtigkeit*, begabten Körper. Auf der anderen Seite aber geben die entgegengeſetzten Electricitäten, die magnetiſche Nord- und Südpolarität, die alkaliſchen und ſauren Eigenſchaften chemiſcher Agentien, die den Polariſationsebenen der Lichtſtrahlen vermittelſt Platten von Bergcryſtall eingeprägten poſitiven und negativen Drehungen, und viele andere Fälle Beiſpiele nicht bloß von einer Negation, ſondern von einem wirklichen Gegenſatze in den Eigenſchaften. Beide Claſſificationsarten haben beim Inductionsverfahren ihre beſondere Wichtigkeit, da ſie eine Gelegenheit zur Erforſchung einer Beziehung zwiſchen Phänomenen verſchaffen, und zwar die eine durch die Beobachtung einer Uebereinſtimmung in ihren Intenſitätsſcalen, die andere durch die Beobachtung eines Gegenſatzes zwiſchen ihnen, wie wir ausführlicher im nächſten Abſchnitt zeigen werden.

136) Es iſt noch ein ſehr beſtimmter Unterſchied zu machen zwiſchen ſolchen Claſſen, worin ſonſt ſehr verſchiedenartige Individuen bloß wegen einer in einem einzelnen Puncte unter ihnen beſtehenden Aehnlichkeit vereinigt werden, und ſolchen, welche vermöge einer großen Mannigfal-

tigkeit von Analogien Gegenstände, die gleichwohl noch in manchen bemerkenswerthen Eigenthümlichkeiten von einander abweichen mögen, in natürliche Gruppen zusammenfügen. Wenn wir z. B. farblose Durchsichtigkeit als ein Classificationsprincip annehmen, so werden die hiernach in eine Classe zusammengestellten Gegenstände in ihrer Natur unendliche Verschiedenheiten zeigen, wie Wasser, Luft, Diamant, Weingeist, Glas u. s. w. Dagegen sind die chemischen Familien der Alkalien, der Metalle u. s. w. Beispiele von Gruppen der anderen Art, deren Glieder, bei mannigfachen eigenthümlichen Verschiedenheiten, doch in einer allgemeinen Aehnlichkeit verschiedener Eigenschaften übereinstimmen, die uns sofort bestimmt, sie als in einer natürlichen Beziehung zu einander stehend zu betrachten. Im ersten Falle hat unser Scharfsinn sich damit zu beschäftigen, zu bestimmen, was die Ursache ihrer Aehnlichkeit, im zweiten, was die Ursache ihrer Verschiedenheit sein kann. Die erstere dieser beiden Classificationsmethoden gehört zum Gebiete der inductiven Verallgemeinerung, und verschafft die lehrreichsten Fälle zur Erforschung der Ursachen; die letztere erfordert ein tieferes Eindringen in die Geheimnisse der Natur, da die Existenz solcher Familien an und für sich selbst eines der großen und verwickelten Phänomene des Weltalls ist, welches wir ohne eine innige und ausgedehnte Bekanntschaft mit den höchsten Gesetzen zu enträthseln nicht hoffen können *).

*) Die folgende aus Lindley's Synopsis of the British Flora entnommene Stelle charakterisirt aus einem philosophischen Gesichtspuncte sehr richtig die respectiven Verdienste der natürlichen und künstlichen Classificationssysteme im Allgemeinen, obgleich sie in ihren Ausdrücken auf die eigene Wissenschaft beschränkt ist. — »Nach allem, was bisher geschehen ist, oder muthmaaßlich künftig noch vollführt werden wird, wird es immer schwieriger sein, eine Kenntniß

Sechstes Capitel.

Von der ersten Stufe der Induction, der Entdeckung der nächsten Ursachen und der Gesetze von dem niedrigsten Grade von Allgemeinheit, und deren Bestätigung.

137) Das Erste, wornach ein philosophischer Geist bei der Wahrnehmung eines neuen Phänomens strebt, ist dessen Erklärung oder Zurückführung auf eine unmittelbare erzeugende Ursache. Da dieses nicht zu erreichen, so ist das Nächste, das Phänomen zu verallgemeinern, und es mit anderen ihm anlogen in dem Ausdruck irgend eines Gesetzes zusammenzufassen, in der Hoffnung, daß dessen

des natürlichen Systems der Botanik, als des Linnéischen zu erlangen. Das letztere berührt bloß die Oberfläche der Dinge, und läßt den Studierenden in dem eingebildeten Besitze einer Art von Belehrung, welche zwar leicht genug zu erlangen, aber von geringem Werthe ist; das erstere verlangt eine genaue Erforschung aller bekannten Theile und Eigenschaften der Pflanzen, führt aber auch, richtig verstanden, dem Geiste einen Vorrath reeller Belehrung zu, der dem Menschen in jedem Lebensalter vom größten Nutzen ist. Wie groß auch immer die Schwierigkeiten sein mögen, nach dieser Methode mit den Pflanzen bekannt zu werden, sie sind von der Botanik unzertrennlich, da diese nicht mit Nutzen studiert werden kann, ohne ihnen zu begegnen. Schöne Worte finden sich hierüber in Schillers »Menschlichem Wissen«, s. dessen Gedichte, Bd. I. S. 72. Leipzig 1800.

Betrachtung bei einem mehr vorgeschrittenen Zustande des Wissens zur Entdeckung einer wahren nächsten Ursache führen werde.

138) Da die Erfahrung uns gezeigt hat, auf welche Art und Weise ein Phänomen in sehr vielen verschiedenen Fällen von einem anderen abhängt, so finden wir uns, so wie die Wissenschaft sich erweitert, mit einem beständig zunehmenden Vorrath von solchen vorgängigen Phänomenen, oder solchen Ursachen (wir meinen jetzt bloß nächste Ursachen) versehen, welche unter verschiedenen Modifikationen zur Erzeugung einer großen Menge von Wirkungen dienen, die ursprünglich zu ihrer Kenntniß leiten, geeignet sind. Solche Ursachen hat Newton mit dem Ausdruck: wahre Ursachen bezeichnet, als welche nämlich einerkanntermaßen eine reelle Existenz in der Natur haben, und nicht bloße Hypothesen oder Fictionen des Verstandes sind. Als Beispiel für diese Unterscheidung führen wir das Vorkommen von Muscheln in großer Höhe über dem Meere an, welches verschiedenen Ursachen zugeschrieben worden ist; von Einigen nämlich einer gewissen Bildungskraft des Bodens, von Anderen einer Gährung, von wieder Anderen dem Einfluß der Himmelskörper, von noch Anderen dem zufälligen Vorübergehen von Pilgern mit ihren Muschelschalen, von nochmals Anderen verschiedenen von Schalthieren sich nährenden Vögeln, und von allen neueren Geologen einstimmig dem Untergange während, ursprünglich auf dem Meeresboden lebender, Mollusken und einer Veränderung des relativen Niveaus von Land und Meer. Von diesen vermeintlichen Ursachen gehören die Bildungskraft des Bodens und der Einfluß der Himmelskörper zur Classe der Fictionen der Einbildungskraft; zufälliges Verschleppen durch Pilger ist eine wahre Ursache, die auch für einzelne auf viel begangenen Wegen zerstreute Muscheln gelten mag,

aber zur Erklärung der ganzen Erscheinung nicht genügt; Gährung ist hinsichtlich ihrer Existenz eine wahre Ursache, nicht aber hinsichtlich der Erzeugung von Muscheln in einem Gestein, da solche Wirkungen von derselben nie gesehen worden sind, und Felsen und Steine nicht gähren; daß aber andererseits auf dem Meeresgrunde lebende Schalthiere ihre Schalen verlassen, und diese dann von Schlamm überzogen und eingeschlossen werden, ereignet sich täglich; und die Erhebung des Meeresgrundes bis zu einer Höhe, in welcher derselbe trocknes Land werden kann, ist eine schon so oft und in solcher Ausdehnung bewährte Erscheinung, daß sie dadurch als eine in gesunder Philosophie gültige wahre Ursache qualificirt wird.

139). Ein anderes, aus derselben verdienstlich populären Wissenschaft entnommenes, Beispiel ist das Factum einer großen Aenderung in dem Clima großer Landstriche, wenn nicht der ganzen Erde, und einer Verminderung der allgemeinen Wärme, welches aus der geologischen Untersuchung der in den Gebirgsschichten eingeschlossenen Ueberreste urweltlicher Animalien und Vegetabilien erkannt, und verschiedenen Ursachen zugeschrieben worden ist. Einige nämlich nehmen einen ursprünglich feurig-flüssigen Zustand der Erdkugel und eine allmählige Erstarrung und fortschreitende Abkühlung derselben, Andere eine unendlich größere Wirksamkeit früherer Vulcane, und folglich eine viel reichlichere Mittheilung der inneren Wärme an die Oberfläche in der Vorzeit, als die Ursache dieser Thatsache an. Keine von beiden kann als eine wahre Ursache im hier gemeinten Sinne angesehen werden; denn wir wissen nicht, daß die Erde vom Zustande der Schmelzung an eine beständige Abkühlung erlitten habe; auch nicht, daß die vormaligen Vulcane wirklich eine größere Thätigkeit, als die jetzigen, gehabt haben. Eine Ursache jedoch, welche die wesentlichen Erfor-

dernisse einer wahren Ursache besitzt, ist von dem Einflusse einer veränderten Vertheilung von Land und Meer auf der Erdoberfläche hergenommen worden *); denn eine Aenderung dieser Vertheilung im Laufe der Zeit, vermöge eines Unterganges alter und einer Entstehung neuer Continente, ist eine erwiesene Thatsache, und der Einfluß einer solchen Veränderung auf die Climate besonderer Gegenden, wenn auch nicht der ganzen Erde, ergiebt sich als eine völlig sichere Folgerung aus allem, was wir von Continental-, Insel- und Seeclima aus wirklichen Beobachtungen wissen. Hier haben wir also wenigstens eine Ursache, über welche der Naturforscher weiter nachzudenken geneigt sein wird, wenngleich es bis zu einer tieferen Ergründung der Sache unentschieden bleiben muß, ob die gegenwärtig vor sich ge-

*) Lyell's Principles of Geology, vol. I. Fourier, Mém. de l'Acad. des Sciences, tom. VII. p. 592. »L'établissement et le progrès des sociétés humaines, l'action des forces naturelles peuvent changer notablement, et dans de vastes contrées, l'état de la surface du sol, la distribution des eaux et les grands mouvements de l'air. De tels effets sont propres à faire varier, dans le cours de plusieurs siècles, le degré de la chaleur moyenne; car les expressions analytiques comprennent des coefficiens qui se rapportent à l'état superficiel, et qui influent beaucoup sur la valeur de la température. Um gegen Lyell gerecht zu sein, müssen wir bemerken, daß in dieser Aufzählung Fourier's der Ursachen, welche die allgemeine Beziehung der Oberfläche großer Continente zur Wärme verändern können, die allmählige Ortsveränderung der Continente auf der Erdoberfläche, wie sie aus der abnagenden Wirkung des Meeres auf das Land einerseits, und aus der emportreibenden Wirkung unterirdischer Kräfte andererseits hervorgeht, nicht ausdrücklich vorkommt, und nicht wohl als in dem allgemeinen Sinne jener Stelle enthalten angenommen werden kann, da sie sich auf die Betrachtung solcher Veränderungen beschränkt, wie sie auf der Oberfläche des existirenden Landes statt finden können.

Schnur gespannt erhält, und in dem Augenblicke ihrer Zerreißung fortfliegt, so zweifeln wir nicht im mindesten, daß er in seiner Bahn durch die Spannung der Schnur, d. i. durch eine gegen den Mittelpunct gerichtete Kraft, festgehalten werde; denn wir fühlen, daß wir eine solche Kraft wirklich ausüben. Wir haben hier eine directe Wahrnehmung der Ursache. Wenn wir daher einen großen Körper, wie den Mond, sich um die Erde bewegen und nie von ihr sich entfernen sehen, so können wir die Verhütung seiner Entfernung nicht anders, als, zwar nicht einem materiellen Bande, aber einem Etwas zuschreiben, welches in jenem Falle vermittelst der Schnur wirksam war, — einer constant gegen den Mittelpunct gerichteten Kraft nämlich. Auf diese Weise erlangen wir fortwährend Kenntniß von der Existenz von Ursachen, die unter so verborgenen Umständen wirken, daß sie sich unserer directen Entdeckung entziehen.

143) Im Allgemeinen müssen wir bemerken, daß Bewegung, wo immer erregt oder verändert, stets auf die Existenz einer Kraft als ihrer Ursache hinweist; und daß so die Naturkräfte durch die von ihnen erzeugten Bewegungen erkannt und gemessen werden. So wird die magnetische Kraft eben so sicher durch die einer Compaßnadel von einem Stück Eisen ertheilte Ablenkung, oder durch das Auffliegen einer Nadel zu einem über ihr gehaltenen Magnet, als durch das Anhängen an diesem bei der Berührung im ruhigen Zustande erkannt, welcher Zusammenhang nur durch Kraftanwendung aufgehoben werden kann. So haben auch die auf der Oberfläche einer unter einer leitenden Flüssigkeit electrisirten Queckſilbermasse erregten Strömungen die Existenz und Richtung von durch den electrischen Strom entwickelten Kräften von ungeheurer Intensität er-

kennen lassen, von denen wir auf andere Weise keine Ahnung gehabt haben würden *).

144) Wenn aber die Ursache eines Phänomens sich weder bei der Betrachtung des Phänomens selbst deutlich ergiebt, noch unserer Aufmerksamkeit durch einen Fall von einer starken Analogie, von der oben beschriebenen Art, gewissermaaßen aufgedrungen wird, so haben wir kein anderes Hülfsmittel, als eine wohl überlegte Zusammenstellung und Durchmusterung aller uns bekannten ähnlichen Fälle, d. i. die Bildung einer Classe von Thatsachen, welche das fragliche Phänomen zu einem gemeinschaftlichen Classificationsprincipe haben, und die Nachforschung unter diesen nach anderen Uebereinstimmungspuncten, unter denen die Ursache nothwendig aufgefunden werden wird. Wenn aber mehr als eine Ursache da zu sein scheinen sollten, so müssen wir uns bemühen, neue Thatsachen zu finden, oder, wenn das nicht gelingt, hervorzubringen, bei denen jede dieser Ursachen, eine nach der anderen, fehlt, während jene dennoch in dem fraglichen allgemeinen Puncte übereinstimmen. Hierin besteht der Gebrauch der »durchkreuzenden Beispiele,« wie Bacon sie nennt, welche Phänomene sind, die zur Entscheidung zwischen zwei Ursachen, deren Annahme von denselben Analogien unterstützt wird, herbeigezogen werden. Hier erkennen wir denn auch den Nutzen des Experiments, als von bloß passiver Beobachtung sich unterscheidend. Wir machen einen Versuch der durchkreuzenden Art, wenn wir Combinationen bilden, und Ursachen in Thätigkeit setzen, von denen einige besondere absichtlich ausgeschlossen, und andere absichtlich zugelassen werden; und nach der Uebereinstimmung oder Nichtübereinstimmung der daraus hervorgehenden Phänomene mit denen

*) Phil. Trans. 1824.

aus der in Untersuchung befindlichen Classe bestimmen wir unser Urtheil.

145) Wenn wir allgemeine Regeln zur Leitung und Erleichterung der Aufsuchung der gemeinschaftlichen Ursache einer großen Menge zusammengestellter Thatsachen aufstellen wollen, so müssen wir die Merkmale derjenigen Beziehung, welche wir unter dem Ausdruck Ursache und Wirkung verstehen, berücksichtigen. Diese sind nun

1) Unveränderliche Verknüpfung, und insbesondere unveränderliches Vorangehen der Ursache und Nachfolgen der Wirkung, wenn letzteres nicht durch irgend eine entgegenwirkende Ursache verhindert wird. Es muß aber bemerkt werden, daß bei einer großen Zahl von Naturphänomenen die Wirkung allmählig erfolgt, während die Ursache oft allmählig an Intensität zunimmt, so daß es schwierig werden kann, das Vorangehen der einen und das Nachfolgen der anderen zu erkennen, obgleich es wirklich statt findet. Andererseits folgt oft die Wirkung der Ursache so plötzlich, daß keine Zwischenzeit wahrgenommen werden kann. Es ist daher zuweilen schwierig, zu entscheiden, welches von zwei beständig einander begleitenden Phänomenen die Ursache, und welches die Wirkung ist.

2) Unveränderliches Ausbleiben der Wirkung bei Abwesenheit der Ursache, wenn nicht etwa irgend eine andere Ursache dieselbe Wirkung hervorzubringen vermag.

3) Verstärkung oder Verminderung der Wirkung bei zunehmender oder abnehmender Intensität der Ursache in Fällen, welche eine Zunahme und Abnahme zulassen.

4) Proportionalität der Wirkung zur Ursache in allen Fällen direkter ungehinderter Thätigkeit.

5) Umkehrung der Wirkung bei einer Umkehrung der Ursache.

146) Diese Merkmale führen uns zu folgenden Be-

vermögen, welche als eben so viele auf besondere Fälle leicht anwendbare Sätze oder als Regeln des Philosophirens angesehen werden können. Wir schließen: 1) daß, wenn in unserer Gruppe von Thatsachen eine vorkommt, bei der irgend eine bezeichnete Eigenthümlichkeit oder ein begleitender Umstand fehlt oder entgegengesetzt ist, diese Eigenthümlichkeit nicht die gesuchte Ursache sein kann.

147) 2) Daß irgend ein Umstand, worin alle Thatsachen ohne Ausnahme übereinstimmen, die fragliche Ursache, oder, wenn nicht, wenigstens eine Seitenwirkung einer und derselben Ursache, sein kann; ist nur ein solcher Uebereinstimmungspunkt vorhanden, so wird diese Möglichkeit zur Gewißheit; sind aber ihrer mehrere vorhanden, so können auch mehrere zusammenwirkende Ursachen da sein.

148) 3) Daß wir die Existenz einer Ursache nicht leugnen dürfen, für welche eine einhellige Uebereinstimmung starker Analogien spricht, wenn es auch nicht ersichtlich ist, wie eine solche Ursache die Wirkung sollte hervorbringen können, oder selbst wenn auch ihre Existenz unter den vorhandenen Umständen schwierig zu begreifen sein mag; in solchen Fällen sollten wir eher, wenn irgend möglich, an die Erfahrung appelliren, als a priori gegen die Ursache entscheiden, und versuchen, ob sie nicht sichtbar gemacht werden könne.

149) Z. B. wenn wir die Sonne lebhaft leuchtend sehen, so führt uns jede Analogie zu dem Schluß einer intensiven Hitze derselben. Wie die Hitze Licht erzeugen könne, wissen wir nicht; und wie eine solche Hitze dauernd unterhalten werden könne, vermögen wir auch nicht zu begreifen. Doch sind wir nicht befugt, deshalb die Folgerung zu verwerfen.

150) 4) Daß entgegengesetzte Thatsachen zur Entdeckung von Ursachen eben so lehrreich, als directe sind.

151) Z. B.: wenn Luft mit feuchten Eisenfeilspähnen in einem verschlossenen Gefäße über Wasser abgesperrt wird, so vermindert sich ihr Volumen, indem eine gewisse Menge derselben sich mit dem Eisen zur Erzeugung von Rost verbindet; und wenn die übrig bleibende Luft untersucht wird, so findet sich, daß sie unfähig ist, Verbrennung und thierisches Leben zu unterhalten. Diese entgegengesetzte Thatsache zeigt, daß die Ursache der Unterhaltung der Verbrennung und des animalischen Lebens in jenem Theile der Luft zu suchen ist, welcher vom Eisen absorbirt, und zur Rostbildung verwandt worden ist.

152) 5) Daß Ursachen sehr häufig bloß durch eine Anordnung unserer Thatsachen nach dem Grade der Intensität, welcher einer besonderen Eigenschaft zukommt, offenbar werden, obgleich dieß nicht nothwendig erfolgen muß, weil entgegenwirkende oder abändernde Ursachen zu gleicher Zeit thätig sein können.

153) Z. B.: der Schall besteht in Schlägen, die von der Luft unseren Ohren mitgetheilt werden. Wenn eine Reihe von gleich starken Schlägen ihnen in gleichen Zeiträumen mitgetheilt wird, anfänglich in langsamer und allmählig in rascherer Aufeinanderfolge, so hören wir zuerst ein rasselndes Geräusch, dann ein tiefes Murmeln, und darauf ein Summen, welches allmählig in einen wahren Ton übergeht, dessen Höhe beständig zunimmt bis zu einem Grade, wo unser Ohr ihn nicht mehr zu unterscheiden vermag. Aus diesem Zusammentreffen der Höhe des Tons mit der Schnelligkeit der Schläge schließen wir, daß unsere Empfindung der verschiedenen Höhe der Töne aus der verschiedenen Schnelligkeit entspringt, mit welcher die Luftstöße unsere Ohren treffen.

154) 6) Daß solche entgegenwirkende oder abändernde Ursachen unbemerkt vorhanden sein, und die Wirkungen der gesuchten Ursache vernichten können, in Fällen, welche ohne diese Einwirkung zu unserer Classe der günstigen Thatsachen gehören würden; und daß daher Ausnahmen oft durch Entfernung oder gehörige Berücksichtigung solcher entgegenwirkender Ursachen aufgehoben werden können. Diese Bemerkung erlangt die höchste Wichtigkeit, wenn (wie es oft der Fall ist) eine einzelne schlagende Ausnahme einer übrigens übereinstimmenden Reihe von Thatsachen gegenübersteht, welche alle zu Gunsten einer gewissen Ursache sprechen.

155) So hat man in der Chemie gefunden, daß der alkalische Character der alkalischen und erdigen Basen aus der Verbindung von Sauerstoff mit eigenthümlichen Metallen entspringt. Das Ammoniak indessen bildet eine merkwürdige, überraschende Ausnahme von der oben erwähnten Art, indem es eine Verbindung von Stickstoff und Wasserstoff ist. Es sind aber beinahe sichere Anzeigen vorhanden, daß diese Ausnahme keine wirkliche ist, sondern als solche nur in Folge irgend einer abändernden, noch nicht erkannten Ursache erscheint.

156) 7) Wenn wir zwei entweder von der Natur hervorgebrachte oder absichtlich von uns selbst hervorzubringende Fälle auffinden können, welche genau in allen Stücken, mit Ausnahme eines einzigen, übereinstimmen, in diesem einen aber von einander verschieden sind, so muß dessen Einfluß auf die Hervorbringung der Erscheinung, wenn es einen solchen hat, merkbar werden. Ist es in einem Falle zugegen und in einem anderen gänzlich abwesend, so wird das Eintreten oder Ausbleiben des Phänomens entscheiden, ob jenes die Ursache desselben ist, oder nicht, und dieß noch augenscheinlicher, wenn es in beiden Fällen in

entgegengesetzter Weise zugegen ist, und die Wirkung daher umgekehrt sein würde. Wenn aber seine vollständige Gegenwart oder Abwesenheit nur einen Unterschied in dem Grade oder der Intensität der Erscheinung hervorbringt, so können wir auch nur schließen, daß es mit eine mit einer anderen, anderswo zu suchenden, concurrirende Ursache oder Bedingung wirkt. In der Natur finden sich vergleichungsweise selten Beispiele, die in einem Umstande durchaus verschieden, und in allen anderen völlig übereinstimmend sind; durch Hülfe des Experiments sind sie aber leicht hervorzubringen, und dieß ist in der That der große Zweck der Anwendung von Versuchen bei physicalischen Untersuchungen. Sie werden in dem Maaße, als sie diese Eigenschaft (der genauen Uebereinstimmung in allen Puncten bis auf einen einzigen) besitzen, werthvoller und ihre Resultate deutlicher, weil die der Natur vorgelegte Frage dadurch schärfer und ihre Antwort entschiedener wird.

157) 8) Wenn wir einen völligen Gegensatz hinsichtlich des Umstandes, dessen Einfluß wir ausmitteln wollen, nicht erreichen können, so müssen wir Fälle aufzufinden uns bemühen, in denen ein beträchtlicher Unterschied dem Grade nach statt findet. Gelingt auch dieses nicht, so vermögen wir vielleicht seinen Einfluß durch die Einführung eines neuen Umstandes, welcher, für sich betrachtet, dazu geeignet zu sein scheint, zu schwächen oder zu verstärken, und diesen dadurch indirect zu erkennen. Aber alsdann haben wir uns beständig daran zu erinnern, daß die so erlangte Evidenz eine indirecte ist, und daß der eingeführte neue Umstand einen ihm eigenen directen Einfluß haben, aber einen abändernden Einfluß auf irgend einen anderen Umstand ausüben kann.

158) 9) Verwickelte Phänomene, bei denen verschiedene zusammenwirkende, entgegengesetzte oder völlig von

einander unabhängige Urſachen zugleich wirkſam ſind, ſo daß eine zuſammengeſetzte Wirkung daraus hervorgeht, können durch eine Sonderung der Wirkungen aller bekannten Urſachen, ſo gut die Natur des Falles es erlaubt, vermittelſt des Raiſonnements entweder, oder der Berufung auf die Erfahrung, ſo vereinfacht werden, daß nur noch ein Phänomen gleichſam als Reſiduum zur Erklärung übrig bleibt. In der That wird die Wiſſenſchaft in ihrem gegenwärtigen Zuſtande hauptſächlich durch dieſes Verfahren gefördert. Die meiſten der von der Natur dargebotenen Phänomene ſind ſehr verwickelt, und wenn die Wirkungen aller bekannten Urſachen mit Genauigkeit geſchätzt und abgeändert werden, ſo erſcheinen die übrigbleibenden Thatſachen beſtändig in der Geſtalt ganz neuer Phänomene, und führen zu den wichtigſten Folgerungen.

159) Z. B.: die vom Profeſſor Encke vorhergeſagte, oft wiederholte Rückkehr des nach ihm benannten Cometen, und die allgemeine gute Uebereinſtimmung zwiſchen ſeinen berechneten und beobachteten Oertern während aller Perioden ſeiner Sichtbarkeit würde uns zu der Behauptung berechtigen, daß ſeine Gravitation zur Sonne und zu den Planeten die einzige und zureichende Urſache ſeiner Umlaufsbewegung ſei. Wenn aber die Wirkung dieſer Urſache ſcharf berechnet und von der beobachteten Bewegung abgezogen wird, ſo findet ſich, daß noch ein reſiduelles Phänomen übrig bleibt, deſſen Exiſtenz auf eine andere Weiſe nie erkannt ſein würde, und welches in einer geringen Beſchleunigung ſeiner Wiedererſcheinung, oder in einer Verminderung ſeiner Umlaufszeit beſteht, welche nicht der Gravitation zugeſchrieben werden kann, und deren Urſache daher weiter zu erforſchen iſt. Eine ſolche Beſchleunigung kann durch den Widerſtand eines im Weltraume verbreiteten Mittels verurſacht werden; und da ein ſolcher aus an-

deren guten Gründen für keine wahre Ursache gehalten werden kann, so hat man ihm auch jene Beschleunigung zugeschrieben.

160) Diese neunte Bemerkung ist für die Wissenschaft von solcher Wichtigkeit, daß wir dafür noch zwei Beispiele anführen wollen. Als Arago einst eine Magnetnadel an einem Seidenfaden aufgehängt und in Schwingung gesetzt hatte, bemerkte er, daß sie über einer Kupferplatte viel früher, als entfernt von dieser zur Ruhe kam. Nun waren in beiden Fällen zwei wahre Ursachen vorhanden, denen zufolge die Nadel zuletzt zur Ruhe kommen mußte, nämlich der Widerstand der Luft, welcher allen in ihr vorgehenden Bewegungen entgegenwirkt, und sie zuletzt zerstört, und der Mangel einer vollkommenen Beweglichkeit in dem Seidenfaden. Da aber die Wirkung dieser beiden Ursachen durch die fern von der Kupferplatte gemachte Beobachtung genau ermittelt worden war, und daher in Abrechnung gebracht werden konnte, so kam, als dieß geschah, ein residuelles Phänomen in der Thatsache zum Vorschein, daß von der Kupferplatte selbst ein verzögernder Einfluß ausgeübt wurde; und diese Thatsache führte, nachdem sie einmal festgestellt war, sofort zur Entdeckung einer ganz neuen und ungeahnten Classe von Beziehungen. Wenn es wahr ist (wie Fourier es als erwiesen ansieht), daß der Weltraum eine von der Sonne unabhängige Temperatur besitzt, die nicht viel unter dem Gefrierpuncte des Quecksilbers liegt, und einige künstlich hervorgebrachte Kältegrade weit übertrifft, so bieten sich dafür zwei Ursachen dar: die eine ist die von dem genannten Autor angegebene, nämlich die Strahlung der Sterne; als die andere kann das im vorigen Paragraphen erwähnte elastische Mittel, der Aether, aufgestellt werden, dessen Verbreitung im Weltraume die Erscheinungen des Lichts und der von den Cometen erlit-

tene Widerstand glaublich machen, und welcher, gleich allen bekannten elastischen Mitteln, eine Temperatur und eine eigene specifische Wärme besitzen mag, die er den von ihm umgebenen Körpern mitzutheilen fähig ist. Wenn wir nun bedenken, daß die von der Sonne ausgestrahlte Wärme sich eben so, wie ihr Licht verhält, und wenn wir es für zulässig halten, das, was von der Sonnenwärme gilt, auch für die Wärme der Sterne als gültig anzunehmen, so wird sich die Wirkung der Strahlung der Sterne in der Unterhaltung einer bestimmten Temperatur im Raume um eben so viel geringer, als die Wirkung der Sonnenstrahlung ergeben, als die Helligkeit einer mondlosen Mitternacht geringer ist, wie die Mittagshelle unter dem Aequator, d. i. fast undenkbar geringer. Wenn wir also auch dieser Ursache ihre volle Wirkung zugestehen, so wird doch noch ein bedeutender, der Gegenwart des Aethers beizumessender, Rückstand übrig bleiben.

161) Viele von den neuen Elementarstoffen der Chemie sind durch die Untersuchung *residueller Phänomene* entdeckt worden. So entdeckte Arfwedson das Lithion in Folge der Wahrnehmung eines *Gewichtsüberschusses* bei der schwefelsauren Verbindung, die durch einen kleinen Theil von der in dem von ihm analysirten Mineral vorhandenen vermeintlichen Magnesia gebildet worden war. Eben diesem Principe gemäß kann man auch die *sehr concentrirten Rückstände großer Operationen* fast mit Gewißheit als die Schlupfwinkel neuer chemischer Bestandtheile betrachten, wie dieses das Jod, Brom, Selen und die neuen von Wollaston und Tennant in der Begleitung des Platins aufgefundenen Metalle bezeugen. Es war ein glücklicher Gedanke Glauber's, zu untersuchen, was sonst Jedermann wegwarf.

162) Endlich haben wir zu bemerken, daß die Ent-

deckung einer möglichen Ursache, vermittelst der Vergleichung zusammengestellter Thatsachen, zu einem von folgenden zwei Dingen führen muß, entweder 1) zur Entdeckung einer wahren Ursache, und ihrer Wirkungsweise, und dadurch zu einer vollständigen Erklärung der Thatsachen; oder 2) zur Aufstellung eines abstracten Naturgesetzes, welches zwei Phänomene einer allgemeinen Gattung als unveränderlich mit einander verknüpft auszeichnet, und aussagt, daß, wo das eine ist, auch stets das andere angetroffen werden müsse. Eine solche unveränderliche Verknüpfung ist selbst ein Phänomen von einer höheren Ordnung, als irgend eine besondere Thatsache; und wenn ihrer viele entdeckt worden sind, so können wir aufs neue dazu schreiten, sie zu classificiren, zu verbinden und zu untersuchen, in der Absicht, ihre Ursachen oder noch allgemeinere Gesetze zu entdecken, und so fort ohne Ende.

163) Diese inductive Aufsuchung einer Ursache mag folgendes allgemeine Beispiel erläutern. Wir nehmen uns vor, die Ursache des Thaues zu erforschen. Zuerst müssen wir den Thau vom Regen und Nebel unterscheiden, und festsetzen, was wir eigentlich unter dem Ausdruck Thau verstehen, und das ist die freiwillige Erscheinung von Feuchtigkeit an Substanzen, welche der freien Luft zu einer Zeit, wenn kein Regen oder überhaupt keine sichtbare Nässe herabfällt, ausgesetzt sind. Nun haben wir analoge Phänomene in der Feuchtigkeit, womit ein kaltes Metall oder ein kalter Stein beschlägt, wenn wir daranhauchen; in der, welche bei warmem Wetter auf einem mit frischem Quellwasser gefüllten Glase erscheint; in der, welche an der Innenseite der Fenster sich absetzt, wenn ein plötzlicher Regen oder Hagel die äußere Luft abkühlt; in der, welche an unseren Mauern herabrinnt, wenn nach langer Kälte warmes, feuchtes Thauwetter eintritt. Alle diese

Fälle stimmen in einem Punkte überein (Regel 2. §. 147.), nämlich in der größeren Kälte des bethauten Gegenstandes im Vergleich mit der ihn zunächst umgebenden Luft.

164) Aber ist dieses beim nächtlichen Thau eine wahre Ursache? Ist es eine Thatsache, daß der bethaute Körper kälter als die Luft ist? Gewiß nicht! würde man beim ersten Blick zu antworten geneigt sein, denn wodurch könnte das bewirkt werden? Aber die Analogien sind dringend und einhellig, und wir dürfen daher (der Regel 3. §. 148. zufolge) ihre Anzeigen nicht abweisen. Auch ferner ist der Versuch leicht; wir dürfen nur ein Thermometer mit der bethauten Substanz in Berührung bringen, und ein anderes außerhalb ihres Einflusses in der Nähe aufhängen. Dieser Versuch ist gemacht worden, und die Antwort auf die aufgestellte Frage ist unveränderlich bejahend ausgefallen. So oft ein Gegenstand mit Thau belegt wird, ist er kälter als die Luft. Hier haben wir also einen den Thau unveränderlich begleitenden Umstand. Aber ist diese Abkühlung die Ursache oder die Wirkung des Thaues? Daß der Thau von Kälte begleitet wird, ist eine gemeine Bemerkung; aber das gemeine Vorurtheil würde sie eher zu einer Wirkung, als zu einer Ursache des Thaues machen. Wir müssen daher mehr Thatsachen sammeln, oder, was auf dasselbe hinausläuft, die Umstände abändern, da jeder Fall, in welchem die Umstände verschieden sind, eine neue Thatsache ist. Besonders müssen wir (Regel 4. §. 150.) die entgegengesetzten oder negativen Fälle, d. h. hier diejenigen, in denen kein Thau gebildet wird, beachten.

165) Nun wird kein Thau auf der Oberfläche polirter Metalle, sehr viel aber auf Glas abgesetzt, wenn die Oberflächen von beiderlei Körpern nach oben gekehrt sind, und in manchen Fällen wird auch die untere

Temperatur der Luft, Bezug haben. Diejenigen Oberflächen, die ihre Wärme am leichtesten nach außen fahren lassen, und sie am langsamsten von innen ersetzt erhalten, werden sich offenbar am meisten abkühlen, wenn ihre Wärme eine Gelegenheit zum Entweichen findet, und kein Ersatz dafür von außen erfolgt. Nun führt ein heller Himmel eine solche Gelegenheit herbei. Es ist ein allen mit der Natur der Wärme Vertrauten wohl bekanntes Gesetz, daß Wärme beständig von allen Körpern in Strahlen, oder durch Ausstrahlung, entweicht, aber durch eine gegen sie gerichtete ähnliche Ausstrahlung der sie umgebenden Körper ersetzt wird. Wolken und umgebende Körper wirken also als entgegengesetzte Ursachen, indem sie die so ausgestrahlte Wärme ganz oder zum Theil zurückgeben, so daß diese in der That, ohne ersetzt zu werden, nur durch offene Stellen nach dem unendlichen Himmelsraum hin entweichen kann. So gelangen wir denn zuletzt zur Erkennung der allgemeinen nächsten Ursache des Thaues in der durch Ausstrahlung bewirkten, den durch Mittheilung aus dem Boden, oder durch Gegenstrahlung erfolgenden Wärmeersatz überwiegenden, Abkühlung, wodurch also die Körper kälter, als die Luft, und fähig werden, eine Condensation ihrer Feuchtigkeit zu bewirken.

168) Wir haben absichtlich diese Theorie der Thaubildung ausgewählt, die zuerst von dem verstorbenen Dr. Wells entwickelt wurde, da sie eine der schönsten Proben der inductiven experimentellen Untersuchung und von mäßigem Umfange ist. Es ist nicht möglich, sie hier bei so beschränktem Raume gehörig zu würdigen; aber wir empfehlen ernstlich sein Werk *) (das zugleich kurz und unterhaltend ist) den Studierenden der Naturwissenschaft zum Durchle-

*) Wells on Dew (deutsch von Horner, d. Ueb.).

sen, als ein Muster, womit er wohl thun wird sich vertraut zu machen.

169) In der eben gegebenen Analyse wird die Thaubildung auf zwei allgemeinere Phänomene, die Ausstrahlung der Wärme und die Condensation des unsichtbaren Wasserdunstes durch Kälte, zurückgeführt. Die Ursache der ersteren verlangt eine weit höhere Untersuchung, und kann in der That als gänzlich unbekannt bezeichnet werden; die Ursache der letzteren hingegen macht jetzt einen sehr wichtigen Zweig der physicalischen Untersuchung aus. In einem solchen Falle, wo wir unsere Folgerungen aufwärts bis zu einer letzten Thatsache hin fortführen, sehen wir ein Phänomen als völlig erklärt an; so wie wir den Ast oder Zweig eines Baumes bis zu ihrem Ende verfolgt zu haben annehmen, wenn wir ihre Einfügungsstellen in den Stamm oder in den Ast aufgefunden haben; oder auch wie ein Bach seine Bedeutung und seinen Namen nur bis zu seiner Einmündung in einen größeren tributpflichtigen oder in den Hauptfluß behält, der ihn zum Ocean abführt. Dieß setzt jedoch immer voraus, daß wir bei einer Wiederbetrachtung des Falls deutlich einsehen, wie die Annahme einer solchen Thatsache mit allen ihren begleitenden Gesetzen vollständige Rechenschaft über alle Einzelnheiten geben könne, sowohl über diejenigen, die uns auf den verschiedenen Stufen der Induction zu ihrer Kenntniß geführt haben, als auch über diejenigen, die wir übersehen, oder weniger genau, als die übrigen, erwogen haben. Hätten wir aber auch von der Wärmestrahlung vorher keine Kenntniß gehabt, so würde eben jene Induction sie uns kennen gelehrt, und, gehörig erwogen, uns zur Kenntniß vieler ihrer Gesetze geführt haben.

170) Wir dürfen uns daher beim Studium der Natur nicht darum bekümmern, wie wir zu einer Kenntniß

zur Entſtehung neuer, mehr und mehr der gewöhnlichen Beobachtung entzogener Zweige der Wiſſenſchaft Veranlaſſung geben.

175) Die phyſiſche Aſtronomie enthält zahlreiche und glänzende Beiſpiele davon. Das Geſetz unter anderen, welches ausſpricht, daß die Planeten in ihren Bahnen um die Sonne, und die Monde in ihren Bahnen um ihre Planeten durch eine Kraft feſtgehalten werden, welche in dem Maaße abnimmt, wie die Quadrate der Entfernungen zunehmen, muß man in jedem einzelnen Falle dadurch zu beſtätigen verſuchen, daß man aus ihm die unter den vorhandenen Umſtänden nothwendig zu erwartenden Bewegungen genau ableitet, und dieſe mit den wirklich ſtatt findenden vergleicht. Dieſe Vergleichung nun läßt, während ſie im Allgemeinen die Exiſtenz des angenommenen Gravitationsgeſetzes und ſeine Tauglichkeit zur Erklärung aller Hauptbewegungen eines jeden Körpers des Syſtems beſtätigt, doch in denen der Planeten einige kleine, und in denen der Monde einige ſehr beträchtliche Abweichungen von demſelben erkennen, über welche man lange keine Rechenſchaft geben konnte; reſiduelle Erſcheinungen, die noch einer Zurückführung auf ihre Urſachen bedurften. Durch eine weitere Unterſuchung ſind dieſe in der That aufgefunden worden, und zwar in den wechſelſeitigen Einwirkungen der Planeten auf einander und in dem ſtörenden Einfluſſe der Sonne auf die Bewegungen der Monde.

176) Aber ein Naturgeſetz beſitzt nicht den Grad von Allgemeinheit, der es zu einem Trittſtein zu größeren Inductionen tauglich macht, wenn es nicht in ſeiner Anwendung allgemein iſt. Wir können uns nicht darauf verlaſſen, daß es uns in den Stand ſetzen werde, unſeren Blick über den Kreis von Fällen hinaus, aus welchem es geſchöpft wurde, zu erweitern, wenn wir ſeine Kraft darin

nicht bereits erfahren haben; wenn es uns nicht wirklich in den Stand gesetzt hat, vor einem Versuche zu sagen, was in Fällen, die den ursprünglich betrachteten analog sind, geschehen werde; kurz, wenn wir nicht absichtlich die Stellung als Gegner desselben angenommen und uns ernstlich, aber ohne Erfolg, bemüht haben, Ausnahmen von ihm zu finden. Nur in dem Verhältniß, in welchem ein einmal gefundenes Gesetz diese äußerste Strenge der Prüfung aushält, ist es als werthvoll und wichtig zu schätzen, und es muß daher unser erstes Geschäft bei der Bestätigung einer Induction sein, ihre Anwendung auf ursprünglich nicht betrachtete Fälle auszudehnen, auf mannigfaltige Weise die Umstände, unter denen unsere Ursachen wirken, in der Absicht abzuändern, um zu erkennen, ob ihre Wirkung allgemein ist, und die Anwendung unserer Gesetze bis zu äußersten Fällen zu treiben.

177) Z. B. eine schöne, auf eine große Zahl von Thatsachen gestützte Induction führte Galilei zu dem Schlusse, daß die beschleunigende Kraft der Schwere für alle Arten von Körpern, und für große, wie für kleine Massen, dieselbe sei; und er erläuterte dieses dadurch, daß er Körper von sehr verschiedener Beschaffenheit und von verschiedenem Gewicht im demselben Augenblick von einem hohen Thurme herabfallen ließ, wobei es sich zeigte, daß bei ihrem Niederfallen auf den Boden nur solche geringfügige Zeitunterschiede statt fanden, daß sie, wie er richtig annahm, von der größeren Wirkung des Luftwiderstandes auf leichte, als auf schwere Körper, herrührten mußten. Dieser Versuch konnte aber zu jener Zeit nicht mit Erfolg mit den verschiedenen Substanzen, wie Kork, Federn, Baumwolle u. d. gl., wegen der zu großen Einwirkung des Luftwiderstandes auf ihr Niederfallen, angestellt werden, da keine Mittel zu dessen Entfernung bekannt waren. Daher konnte

auch dieses Gesetz erst nach der Erfindung der Luftpumpe in einem äußersten Falle auf die Probe gestellt werden. Man ließ nämlich ein Goldstück und eine Flaumfeder gleichzeitig aus der Höhe eines von Luft möglichst entleerten Glasgefäßes herabfallen, und beide trafen in demselben Augenblick auf den Boden. Möge jemand diesen Versuch in der Luft anstellen, so wird er die Beweiskraft eines äußersten Falles erkennen.

178) Bei der Bestätigung eines Gesetzes, dessen Ausdruck quantitativ ist, muß seine Allgemeinheit nicht nur durch eine Prüfung desselben unter möglichst verschiedenen Umständen dargethan werden, sondern jeder dazu unternommene Versuch muß auch mit einer genauen Messung verbunden werden. In solchen Fällen müssen zur Anstellung der Proheversuche solche Hülfsmittel erdacht werden, wodurch jede etwa statt findende Abweichung sehr bedeutend vervielfacht wird, so daß eine solche, wäre sie auch noch so gering, doch zuletzt wahrnehmbar werden muß.

179) Es sei z. B. das Gesetz zu bestätigen, daß die Schwere eines jeden Körpers sich direct wie seine Masse verhält, welches bloß eine andere Art des Ausdrucks für das vorhin erwähnte Gesetz Galilei's ist. Die Zeit des Niederfallens von einer mäßigen Höhe kann nicht mit hinreichender Genauigkeit für unsern Zweck gemessen werden; wenn dieses aber sehr oft ohne irgend einen Verlust oder Gewinn an Zeit wiederholt, die Zeitdauer der so wiederholten Niederfälle mit Hülfe einer Uhr gemessen, und zugleich der Widerstand der Luft für alle dem Versuche unterworfenen Körper genau gleich gemacht werden könnte, so hätten wir Galilei's Versuch in großer Vervollkommnung, und es würde dadurch augenscheinlich eine fast unbegrenzte Genauigkeit erreicht werden können. Alles dieses nun vollführte Newton vermittelst der

einfachen und eleganten Einrichtung, daß er gleiche Gewichte von einer großen Zahl der in jeder Hinsicht verschiedenartigsten Substanzen, die aufzufinden waren, als Gold, Glas, Holz, Wasser, Weitzen u. s. w. nach einander in ein hohles Pendel einschloß *), und die Zeitdauer einer großen Menge von Oscillationen des so belasteten Pendels bestimmte, bei deren jeder die Gewichte offenbar im Sinken und Steigen ohne Zeitverlust genau identische Räume zu durchlaufen hatten. So würde also jeder etwaige, wenn gleich noch so unbedeutende Unterschied in der Zeitdauer einer Oscillation so oft vervielfältigt werden, daß es merkbar würde. Da aber keiner durch dieses sinnreiche Verfahren in irgend einem Falle entdeckt werden konnte, so wurde das Gesetz sowohl hinsichtlich seiner Allgemeinheit, als auch hinsichtlich seiner Genauigkeit als bestätigt angesehen. Dieß ist indessen nichts gegen die durch astronomische Phänomene zu erlangenden Bestätigungen, bei denen die etwa existirenden Abweichungen, anstatt innerhalb weniger Stunden, durch Tausende von Jahren hindurch sich anhäufen.

180) Das sicherste und beste Kennzeichen einer wohl begründeten und umfassenden Induction zeigt sich jedoch darin, wenn uns Bestätigungen von selbst aus Gebieten, wo sie am wenigsten erwartet werden konnten, oder gar unter Fällen solcher Art, die anfänglich für dagegen streitend gehalten wurden, entgegentreten. Eine Evidenz dieser Art ist unwiderstehlich, und treibt mit einer Gewalt zur Beipflichtung, welche kaum irgend eine andere besitzt. Es hatte z. B. Mitscherlich das Gesetz verkündigt, daß die chemischen Elemente, aus denen alle Körper bestehen, in bestimmte, von ihm isomorph genannte Gruppen vertheilt werden können, und daß diese Gruppen eine solche Beziehung zu einander haben, daß, wenn aus den Individuen

*) Principia, Buch III. prop. 6.

je zweier, oder dreier, oder mehrerer derselben ähnliche Verbindungen gebildet werden, diese im gleichen geometrischen Formen crystallisiren. Von diesem Gesetze schien jedoch eine merkwürdige Ausnahme statt zu finden. Nach Mitscherlich sind nämlich die arsenichte Säure und die Phosphorsäure ähnliches, unter dieses Gesetz gehörende Verbindungen, und ihre Verbindungen mit Natron und Wasser, welche die den Chemikern unter dem Namen des arsenichtsauren und phosphorsauren Natrons bekannten Salze bilden, müßten, wenn das Gesetz allgemein wäre, in gleichen Formen crystallisiren. In der Wirklichkeit zeigte sich dieses indessen nicht. Nachdem jedoch Clarke diese beiden Salze aufmerksamer untersucht hatte, konnte er als Thatsache feststellen, daß beide Verbindungen von der, von Mitscherlich's Gesetze geforderten Aehnlichkeit sich wesentlich entfernen, und daß demnach die vermeintliche Ausnahme verschwindet. Dieß war etwas. Aber bei weiterer Verfolgung des Gegenstandes gelang es demselben scharfsinnigen Forscher, ein neues phosphorsaures Natron darzustellen, welches von dem bekannten blos durch einen verschiedenen Wassergehalt unterscheidet, und in seiner Zusammensetzung mit dem arsenichtsauren Natron genau übereinstimmt. Man fand nun bei weiterer Prüfung die Crystalle dieses neuen Salzes mit denen des letzteren ganz identisch von Form, und dadurch wurde auf eine sehr schlagende und ganz unerwartete Weise das in Frage stehende Gesetz, das Gesetz des Isomorphismus, wie es genannt wird, bestätigt.

1851. Unerwarteter und besonders schlagender Bestätigungen inductiver Gesetze kommen häufig in den Details neuer Phänomene im Verlauf von Nachforschungen zum Vorschein, die von denen, welche den Inductionen selbst ihre Entstehung gaben, ihrer Natur nach weit verschieden sind. Ein schönes Beispiel dafür liefert die unerwartete

Bestätigung dar, welche dem Gesetze der Wärmeentwickelung in elastischen Flüssigkeiten durch Zusammendrückung derselben, durch die Erscheinungen des Schalles zu Theil geworden ist. Die Untersuchung über die Ursache des Schalls hatte zu Folgerungen über seine Fortpflanzungsweise geführt, durch deren Hülfe die Geschwindigkeit dieser Fortpflanzung in der Luft genau berechnet werden konnte. Dieß geschah; als aber das Resultat dieser Berechnung mit der Erfahrung verglichen wurde, fand sich, daß, wenn auch zwischen beiden Uebereinstimmung genug vorhanden war, um die allgemeine Richtigkeit der angegebenen Ursache und Art der Fortpflanzung zu erkennen, dennoch aus dieser Theorie die volle Geschwindigkeit derselben nicht hergeleitet werden konnte. Es war noch von einem Ueberschuß von Geschwindigkeit Rechenschaft zu geben, worüber die Naturforscher sich lange in Verlegenheit befanden. Endlich verfiel Laplace auf den glücklichen Gedanken, daß jener Ueberschuß von der Wärme herrühren dürfte, welche durch die, nothwendig bei jeder Schwingung, wodurch der Schall fortgeführt wird, eintretende Verdichtung der Luft entwickelt wird. Der Einfluß dieser Wärmeentwickelung wurde sodann genau berechnet, und das Resultat war eine vollständige Erklärung des residuellen Phänomens, und dadurch eine schlagende Bestätigung des allgemeinen Gesetzes der Wärmeentwickelung durch Compression unter Umständen, die außerhalb der Grenzen der künstlichen Nachahmung liegen.

182) Bei der Ausdehnung unserer Inductionen auf nicht ursprünglich betrachtete Fälle giebt es einen Schritt, der den Geist immer mit besonderer Kraft ergreift, und ein Gefühl von Neuheit und Staunen erregt, welches ihm nicht selten ein über seinen wahren philosophischen Werth hinausgehendes Gewicht verleiht. Dieß ist der Uebergang vom Kleinen zum Großen, und umgekehrt vom Großen zum

Kleinen, besonders aber der erstere. Es ist z. B. so erfreulich, einen in einem Uhrglase oder vor einem Löthrohre gemachten Versuch in einer großen Manufactur bei vielen Tonnen von Material, oder im Grunde eines Vulcans bei Millionen Cubikfaden von Lava erfolgen zu sehen, daß wir beinahe vergessen, daß diese ungeheuren Massen auch aus Uhrglasmengen und Löthrohrperlen zusammengefügt werden. Wir sehen die ungeheuren Zwischenräume zwischen den Sternen und Planeten des Himmels, welche Raum für die Vollführung unzähliger Processe, für die Circulation von Licht und Wärme und für unter ihnen vor sich gehende wunderbare und verwickelte Bewegungen darbieten; wir sehen, bei aufmerksamerer Betrachtung, siderische Systeme, die muthmaaßlich nicht weniger ausgebreitet und verwickelt, als das unsrige, sind, scheinbar (als Folge ihrer großen Entfernung von uns) in einen kleinen Raum zusammengedrängt, und Gruppen bildend, die Körpern von substantiellem Ansehen in Gestalt und Umriß ähnlich sind; doch werden wir von ungläubiger Ueberraschung ergriffen, wenn man uns fragt, warum wir uns die Atome eines Sandkorns nicht, im Verhältniß zu ihrer Größe, eben so weit, als die Sterne des Firmaments, von einander entfernt denken können, und warum in diesem kleinen Microcosmus nicht eben so verwickelte und wundervolle Processe, als in der großen uns umgebenden Welt sollten vorgehen können. Der Studierende wird jedoch, sobald er einige Fortschritte in der Naturwissenschaft macht, zahllosen Fällen begegnen, in denen diese Uebertragung der Ideen von einem Extrem der Größe zum anderen hervorgerufen wird; er wird z. B. finden, daß die Phänomene der Fortpflanzung der Winde auf die nämlichen Gesetze, welche die Fortpflanzung von Bewegungen in den kleinsten Luftmengen reguliren, zurückgeführt werden; daß die Erscheinungen des Blitzes der blo-

ßen Mittheilung eines electrischen Funkens, und die Erscheinungen der Erdbeben den Erzitterungen eines gespannten Drahtes gleichzustellen sind: kurz, er muß darauf rechnen, den Unterschied zwischen groß und klein in der Natur gänzlich vernichtet zu finden. Und es ist gut für den Menschen, daß dieses der Fall ist, und daß dieselben Gesetze, die er in seinem eigenen beschränkten Wirkungskreise entdecken und bestätigen kann, sich ihm gültig erweisen müssen, wenn er sie auch in dem größten Maaßstabe anzuwenden unternimmt; denn nur dadurch ist er im Stande, eine erregende Ursache in Operationen von irgend beträchtlicher Größe zu werden, und seine Bedeutung in der Schöpfung zu behaupten.

183) Aber das Geschäft der Induction endigt hier noch nicht; ihr Endresultat muß bis zu allen seinen Folgerungen durchgeführt, und auch auf alle die Fälle angewandt werden, welche eine, wenn auch noch so entfernte, Beziehung zu dem Gegenstande der Untersuchung andeuten. Jeder neue Zuwachs zu unserem Vorrath von Ursachen wird ein Mittel zu einem neuen Angriff auf neuem günstigen Boden gegen alle die unerklärten Theile früherer Phänomene, die den bisherigen Anstrengungen widerstanden haben. Es kann der Aufmerksamkeit des jungen Naturforschers kaum stark genug eingeschärft werden, daß es vielleicht keine Naturerscheinung giebt, die vollständig in allen ihren verschiedenen Umständen ohne eine Vereinigung verschiedener, vielleicht aller Wissenschaften, erklärt werden kann. Die großen Phänomene der Astronomie mögen zwar als Ausnahmen davon betrachtet werden, aber nur deshalb, weil ihr Maaßstab so ungeheuer ist, daß nur eine von den am weitesten reichenden Naturkräften sie beherrschen kann, und alle die Agentien, deren Wirkungskreise enger begrenzt sind, und welche die Hervorbringung näher liegender Phä-

nomene bedingen, dagegen in den Hintergrund treten, und sich vergleichungsweise in Bedeutungslosigkeit verlieren. Bei den uns enger umgebenden Phänomenen aber verhält es sich durchaus anders. In welche Verwickelung verschiedener Wissenschaftszweige werden wir nicht z. B. durch die Betrachtung des Regens, der Flamme, oder tausend anderer Phänomene versetzt, welche beständig vor unsern Augen vor sich gehen? Daher ist es kaum möglich, in irgend einem Zweige der Wissenschaft zur Kenntniß eines Gesetzes von irgend einem Grade von Allgemeinheit zu gelangen, ohne daß dieses uns unmittelbar mit einem Mittel zur Erweiterung unserer Kenntniß von unzähligen anderen, weit von unserm Ausgangspuncte entfernten, versähe; so daß es unmöglich ist vorherzusagen, wohin Jemand, der sich einmal in eine physicalische Untersuchung eingelassen hat, zuletzt geführt werden mag.

184) Diese Bemerkung betrifft eigentlich das umgekehrte deductive Verfahren, bei welchem wir Gesetzen bis in ihre entfernten Folgen nachgehen. Aber es ist sehr wichtig zu bemerken, daß ein erfolgreiches Verfahren in wissenschaftlichen Untersuchungen beständig den abwechselnden Gebrauch beider Methoden, der inductiven und der deductiven, erfordert. Der Pfad, auf welchem wir zur Erkenntniß aufsteigen, muß in seinen niederen Stufen sanft gemacht und geebnet, und oft auf- und absteigend betreten werden, ehe wir auf ihm zu irgend einer bedeutenden Höhe emporsteigen, oder gar den Gipfel erklimmen können. Die Unternehmung ist zu groß für eine einzelne Kraftanstrengung; es müssen Stationen gemacht, und Verbindungen mit allen tiefer liegenden offen erhalten werden. Es ist, um dieses Bild zu verlassen, nichts so lehrreich, oder mit so viel Wahrscheinlichkeit zur Gewinnung allgemeiner Ansichten verknüpft, als diese Verfolgung der Consequenzen eines

einmal gewonnenen Gesetzes in jeder Richtung, wo hin sein Einfluß sich zu erstrecken scheinen mag. Die Entdeckung eines neuen Gesetzes, einer neuen letzten Thatsache, oder auch nur einer zur Zeit mit dem Anschein einer solchen behafteten gleicht der Entdeckung eines neuen Elements in der Chemie. So war kaum das Selen von Berzelius in den Vitriolwerken zu Fahlun entdeckt worden, als es auch sofort in den Sublimaten von Stromboli und in den seltenen und merkwürdigen Producten der Ungarischen Bergwerke aufgefunden wurde. Und so ist es mit jedem neuen Gesetze, oder mit jeder allgemeinen Thatsache. Kaum sind sie verkündigt, so findet man auch ihre Spuren überall, und Jeder erstaunt darüber, daß sie so lange verborgen bleiben konnten. So geschieht es, daß zuletzt über solche Theile der Wissenschaft unerwartet Licht verbreitet wird, die aus Verzweiflung verlassen, und einer hoffnungslosen Dunkelheit preisgegeben waren.

185) Von der Bestätigung *quantitativer* Gesetze ist bereits (178) geredet worden; aber ihre Wichtigkeit für die Physik ist so ungemein groß, in sofern sie allein zu einer strengen mathematischen deductiven Anwendung sich eignen, daß über die Natur der Inductionen, durch welche man zu ihnen gelangt, noch Einiges zu sagen ist. In ihrer einfachsten und wenigst allgemeinen Gestalt (von der allein wir jetzt reden) drücken sie gewöhnlich irgend eine numerische Beziehung zwischen zwei von einander abhängigen Größen aus, entweder als neben einander erfolgende Wirkungen einer gemeinschaftlichen Ursache, oder als den Betrag der Wirkung dieser Ursache unter numerisch gegebenen Umständen oder *Daten*. So drückt z. B. das oben (22) angeführte Gesetz der Lichtbrechung durch eine sehr einfache Beziehung den Betrag der Winkelablenkung eines Lichtstrahls von seiner Richtung aus, wenn der *Neigungs-*

winkel deſſelben gegen die brechende Oberfläche bekannt iſt, durch die Beziehung nämlich, daß, ſo lange die brechende Subſtanz dieſelbe iſt, der Sinus des Winkels, welchen der einfallende Lichtſtrahl mit einer auf der Oberfläche ſenkrechten Linie macht, zu dem Sinus des von dem gebrochenen Strahle mit derſelben Senkrechten gebildeten Winkels immer in einem conſtanten Verhältniß ſteht. Alles, was erfordert wird, um durch Induction zu Geſetzen dieſer Art zu gelangen, bei denen eine Größe von einer anderen abhängt, oder mit ihr zugleich ſich ändert, beſteht in einer Reihe ſorgfältiger und genauer Meſſungen bei allen verſchiedenen Zuſtänden des Gegebenen und Geſuchten. Da hier aber die mathematiſche Form des Geſetzes von der höchſten Wichtigkeit iſt, ſo muß die größte Aufmerkſamkeit ſowohl auf die äußerſten Fälle, als auch auf alle ſolche Puncte verwendet werden, wo die eine Größe bei geringen Veränderungen der anderen raſche Wechſel erleidet *). Die Reſultate müſſen in eine Tafel zuſammengeſtellt werden, worin das Gegebene von der niedrigſten bis zur höchſten Grenze, deren es fähig iſt, allmählig an Größe zunimmt. Dann wird es gänzlich von unſerer Uebung in der Behandlung mathematiſcher Gegenſtände abhängen, in wie weit wir den Inhalt einer ſolchen Tafel in den beſtimmten Ausdruck eines mathematiſchen Geſetzes zuſammen zu faſſen vermögen. Die Entdeckung ſolcher Geſetze wird oft durch die Betrachtung einer weiter unten (194) unter der Bezeichnung collectiver Beiſpiele zu erörternden Claſſe von Erſcheinungen merkwürdig erleichtert, bei denen die Natur des mathema-

*) Ein ſehr merkwürdiges Beiſpiel von der Verfolgung eines rein empiriſchen Geſetzes bis zu einem äußerſten Falle findet ſich in Newton's Regel für die Ausbreitung ſeiner zwiſchen Gläſern bei großer Schiefe geſehenen farbigen Ringe. Optics, book II. part I. obs. 7.

tischen Ausdrucks, worin das gesuchte Gesetz enthalten ist, durch die Gestalt einer Curve dargestellt wird, welche durch ein besonderes Verfahren beim Experimentiren zur Anschauung gebracht wird.

186) Indessen kann man sich, wenn unsere Induction nicht eine Reihe von Fällen umfaßt, welche die ganze Variationsscale, der die in Frage stehenden Größen unterliegen, durchaus einschließt, auf den so gewonnenen mathematischen Ausdruck nicht als auf einen wahren verlassen, und wenn die wirklich benutzte Variationsscale klein von Umfang ist, so wird die Ausdehnung der von ihr abgeleiteten Gesetze auf äußerste Fälle aller Wahrscheinlichkeit nach, ausnehmend trüglich sein. Die Luft z. B. ist eine elastische Flüssigkeit, und daher vermindert sich ihr Volumen, wenn sie in einen begrenzten Raum eingeschlossen und zusammengedrückt wird. Nun hat man aus einer großen Zahl von Versuchen, wobei die Luft bis auf die Hälfte, ein Drittheil u. s. w., ja sogar bis auf den funfzigsten Theil ihres Volumens zusammengepreßt wurde, geschlossen, daß »die Dichtigkeit der Luft der zusammendrückenden Kraft proportional,« oder ihr Volumen dieser Kraft umgekehrt proportional sei; und wenn die Luft durch Verminderung ihres natürlichen Drucks verdünnt wird, so findet sich, daß eben dasselbe innerhalb sehr ausgedehnter Grenzen der Fall ist. Dennoch ist es unmöglich, daß dieses, streng oder mathematisch gesprochen, das wahre Gesetz sei; denn wäre es dieses, so würde es für die Zusammendrückung der Luft keine Grenze geben, während wir aus den stärksten Analogien schließen müssen, daß die Luft, lange bevor der Druck irgend eine übermäßige Höhe erreicht, zu einer tropfbaren Flüssigkeit, und vielleicht sogar bei noch stärkerem Druck zu einem festen Körper werden werde.

187) Gesetze, die so durch den directen Proceß der

Zusammenfassung der Resultate einer größeren oder geringeren Zahl von Messungen in mathematische Formeln abgeleitet werden, nennt man »empirische Gesetze.« Ein gutes Beispiel eines solchen Gesetzes ist das von Dr. Young (Phil. Trans. 1826.) für die Abnahme des Lebens gegebene, oder das Gesetz der Sterblichkeit. Empirische Gesetze in diesem Zustande sind augenscheinlich unbestätigte Inductionen, und müssen mit der äußersten Vorsicht angenommen und benutzt werden. Nie kann man auf sie über die Grenzen der Data hinaus, aus denen sie abgeleitet worden, vertrauen, und es bedarf sogar noch einer speciellen und strengen Prüfung, wie nahe sie selbst innerhalb dieser Grenzen die beobachteten Thatsachen darstellen, d. h. ob die bei einer Vergleichung sich ergebenden Differenzen zwischen ihren Resultaten und den beobachteten Größen so gering sind, daß sie füglich Beobachtungsfehlern zugeschrieben werden können. So geprüft werden sie indeß sehr werthvoll, und erscheinen häufig, wenn sie nochmals theoretisch durch ein deductives Verfahren (wie im nächsten Capitel auseinandergesetzt werden wird) bestätigt werden, als strenge Naturgesetze, und gewähren die besten und überzeugendsten Stützen, deren die Theorien selbst fähig sind. Die schönsten Beispiele hierfür sind die von Kepler lediglich aus einer Vergleichung von Beobachtungen, ohne Hülfe einer Theorie, abgeleiteten großen Gesetze der Planetenbewegungen. Diese Gesetze, nämlich daß die Planeten sich in elliptischen Bahnen um die Sonne bewegen, daß jeder Planet in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume um den Mittelpunct der Sonne beschreibt, und daß bei den Bahnen verschiedener Planeten die Quadrate der Umlaufszeiten den Cuben der Entfernungen proportional sind, waren die Resultate der mühevollsten Berechnungen und Vergleichungen; aber sie belohnten reichlich die auf sie verwendete Anstrengung

dadurch, daß sie nachmals die bündigsten und unwiderleglichsten Beweise für das Newtonianische System verschafften. Werden andererseits empirische Gesetze ungehörig über die Grenzen der Beobachtungen hinaus, von denen sie abgeleitet worden, ausgedehnt, so giebt es keine ergiebigere Quelle von unvermeidlichen Irrthümern. Die empirisch abgeleiteten Formeln für die Expansivkraft des Dampfes, für den Widerstand der Flüssigkeiten und für ähnliche Gegenstände haben fast unveränderlich die auf sie gebauten Theorien nicht zu stützen vermocht.

188) Es ist eine merkwürdige und glückliche Thatsache, daß die kürzeste und directeste aller Inductionen diejenige sein mußte, die auf einmal und beinahe mit einem einzigen Schritt zu den höchsten aller Naturgesetze, — zu den Gesetzen der Bewegung und der Kraft, geführt hat. Nichts kann bestimmter, einfacher und allgemeiner sein, als die Aussage dieser Gesetze; und (wie wir schon früher einmal bemerkt haben) ihre Anwendung auf besondere Thatsachen, durch die absteigende oder deductive Methode, ist durch nichts, als durch den begrenzten Umfang der Mathematik beschränkt. Es möchte daher scheinen, daß die dynamische Wissenschaft künftig von dem Gebiete der Induction ausgeschlossen, und, gleich der Geometrie, in einen Gegenstand des abstracten aprioristischen Raisonnements umgebildet werden könnte; und das würde in der That der Fall sein, wenn unsere Mathematik vollkommen, und alle Data bekannt wären. Unglücklicherweise ist das erstere so wenig der Fall, daß jene uns in vielen der anziehendsten Zweige der dynamischen Forschung gänzlich im Stich läßt. Dieß wird z. B. bei Allem, was die Bewegungen der Flüssigkeiten betrifft, schmerzlich empfunden. Wir können zwar unsere Theoreme in algebraische Gleichungen einschließen, und beweisen, daß diese die Auflösungen enthalten

aber die Gleichungen ſelbſt ſetzen der Behandlung ſo unüberſteigliche Schwierigkeiten entgegen, daß wir dadurch oft eben ſo ſehr, als vor ihrer Aufſtellung, im Dunkeln bleiben. Wären aber auch dieſe Schwierigkeiten überwunden, ſo müßten wir dennoch uns an die Erfahrung wenden, um die *Data* feſtzuſtellen, von denen beſondere Anwendungen abhängig ſind; und obgleich die mathematiſche Analyſe ſehr wirkſame Mittel darbietet, die Data irgend eines vorliegenden Falles in allgemeinen Ausdrücken *darzuſtellen*, und *nachher* durch die Vergleichung ihrer Reſultate mit Thatſachen zu *beſtimmen*, *wie* jene Data beſchaffen ſein müſſen, um die beobachteten Phänomene zu erklären, ſo bleibt doch noch, wie man auch die Sache betrachten möge, eine Berufung auf die Erfahrung für jeden beſonderen Fall der Anwendung unvermeidlich, ſelbſt wenn man auch die allgemeinen Principien als ohne ſie hinreichend begründet anſehen kann. Nun müſſen wir in allen ſolchen ſchwierigen Fällen zu unſerem Inductionsverfahren unſere Zuflucht nehmen, und die Zweige der dynamiſchen Wiſſenſchaft, bei denen es in Anwendung kommt, als rein experimentell betrachten. Dadurch erlangen wir einen ungeheuren Vortheil, daß wir nämlich in allen den Puncten derſelben, wo die abſtracten dynamiſchen Principien beſtimmte Schlüſſe *wirklich gewähren*, für unſere Inductionen Beſtätigungen der möglich höchſten und ſchönſten Art erhalten. Wenn wir uns durch Induction den Weg aufwärts zu einem dieſer Reſultate bahnen, ſo kann es nicht fehlen, daß wir nicht die ſtärkſte Zuverſicht zur Gültigkeit der Induction empfinden ſollten.

189) Die Nothwendigkeit dieſer Berufung auf die Erfahrung bei Allem, was die Bewegungen der Flüſſigkeiten im großen Maaßſtabe betrifft, hat man lange gefühlt. Selbſt Newton, der die erſten Grundlagen der Hydrodyna-

mik (ſo wird dieſer Zweig der Dynamik genannt) feſtſtellte, hat dieß beſtimmt erkannt, und in ſeinen mühſamen und genauen Verſuchen über den Widerſtand, den die Flüſſigkeiten der Bewegung entgegenſetzen, und über andere beſondere Puncte ein Muſter dazu gegeben. Venturi, Bernoulli und viele Andere haben die Bewegungen der Flüſſigkeiten in Röhren und Canälen dem Verſuch unterworfen, und neuerlich haben die Brüder Weber eine ſehr vollendete und ausgezeichnete Experimentalunterſuchung über die Phänomene der Wellenbewegung bekannt gemacht. Einer der wichtigſten und erfolgreichſten Verſuche aber, einen bedeutenden und früher ſehr dunkeln Zweig der Dynamik der Herrſchaft des Experiments zu unterwerfen, iſt von Chladni und nach ihm von Savart in Beziehung auf den Schall und die ſchwingende Bewegung im Allgemeinen gemacht worden; und es iſt ungemein zu wünſchen, daß dieſes Beiſpiel hinſichtlich mancher anderer, in der theoretiſchen Behandlung kaum weniger dunkler und unbiegſamer Gegenſtände befolgt werden möge. In ſolchen Fällen können die inductive und die deductive Methode, ſo zu ſagen, Hand in Hand gehen, indem die eine die Folgerungen der anderen beſtätigt; und die Verbindung der Theorie und Erfahrung, die in ſolchen Fällen ſo in Wirkſamkeit geſetzt werden kann, iſt ein unendlich kräftigeres Werkzeug zu Entdeckungen, als jede derſelben für ſich allein. Dieſer Zuſtand eines wiſſenſchaftlichen Gebietes iſt vielleicht der intereſſanteſte von allen, und derjenige, welcher der Forſchung den größten Erfolg verſpricht.

190) Es kann kaum erwartet werden, daß wir dieſe Abtheilung unſers Gegenſtandes ohne eine Erwähnung der »Prärogative der Beiſpiele« Bacon's ſchließen ſollten, unter welchen er characteriſtiſche Phänomene verſteht, die aus dem großen Haufen gemiſchter Thatſachen ausgewählt werden,

welche in der Natur vorkommen, und durch ihre Zahl, Unbestimmtheit und Verwickelung den Geist bei seinem Forschen nach Ursachen und allgemeinen Inductionsgrundlagen eher zu verwirren, als zu leiten geeignet sind. Phänomene, die so ausgewählt wurden, weil sie unserem Geiste auf eine besonders schlagende Weise entgegentreten, und in uns ein Gefühl von Causation oder von besonderer Verallgemeinerungsfähigkeit erregen, betrachtet er, und mit Recht, als eine Art von vorzüglicher Würde und einen Anspruch auf unsere erste und specielle Beachtung in physicalischen Untersuchungen besitzend.

191) Wir haben bereits bemerkt, daß es bei der Bildung von Inductionen sich am gewöhnlichsten ereignen wird, daß wir zu unseren Folgerungen mehr durch die eigenthümliche Kraft irgend zweier oder dreier besonders eindrucksvoller Thatsachen, als dadurch geleitet werden, daß wir die ganze Masse von Fällen in eine regelmäßige Betrachtung ziehen; und daher rührt das Bedürfniß einer sorgfältigen Bestätigung. In der That ist diese Neigung des menschlichen Geistes so mächtig, daß es kaum etwas Gewöhnlicheres geben kann, als die Bereitwilligkeit der Menschen, für alles, was sie wahrnehmen, eine Ursache anzugeben, und dabei den eingebildetsten Analogien zufolge die verschiedenartigsten Dinge zusammenzuwerfen. Da dem so ist, so wäre es offenbar von der größten Wichtigkeit, daß diese ersten raschen Impulse des Geistes aus der Betrachtung solcher Fälle entsprängen, die uns am wahrscheinlichsten zu guten Inductionen führen können. Es ist aber ein Mißgeschick für die Naturwissenschaft, daß diese Wahl nicht in unserer Gewalt ist. Wir müssen die Fälle nehmen, wo die Natur sie uns darbietet. Selbst wenn wir mit einem geordneten Verzeichniß derselben versehen sind, müssen wir sie verstehen und mit einander vergleichen, ehe wir angeben können, welche

von ihnen es *sind*, die so die höchste Berücksichtigung verdienen. Und am Ende wird nach viel vergeblicher Mühe, nach unsicherem Tappen im Dunkeln ein Zufall oder eine zufällige Beobachtung einen Fall darbieten, der uns auf einmal eine volle Einsicht in den Gegenstand aufdringt, ehe wir noch Zeit haben auszumitteln, zu welcher Classe seine *Prärogative* gehört. Die Gesetze der Crystallographie z. B., und mehr noch ihre Ursachen lagen im Dunkeln, bis einst glücklicherweise Hauy's Hand ein schöner Kalkspathcrystall entfiel und auf einem Steinpflaster zerbrach. Indem er die Bruchstücke wieder zusammenfügte, bemerkte er, daß ihre Flächen nicht mit denen des Crystalls im unverletzten Zustande übereinstimmten, sondern einer anderen Gestalt angehörten, und entdeckte, dem von einem so zufällig seiner Beobachtung dargebotenen »*blendenden Falle*« ihm gegebenen Winke folgend, die schönen Gesetze der Spaltung und der primitiven Formen der crystallisirten Mineralkörper.

192) Es hat uns indeß, wie wir bekennen müssen, immer geschienen, daß die aus der Classification der Beispiele nach ihren verschiedenen Ansprüchen auf Beporzugung für die Induction entspringende Hülfe, wie richtig eine solche Classification an sich immer sein möge, doch mehr scheinbar, als richtig sei. Die Kraft des Beispiels muß im Geiste empfunden werden, ehe es an die im System ihm gebührende Stelle gesetzt werden kann; und ehe es geprüft oder gewürdigt werden kann, muß es bekannt sein; *ist* es aber gewürdigt worden, so sind wir bereitwillig genug, es in unser Inductionsgewebe einzuflechten, ohne uns noch erst mit der Nachforschung zu bemühen, woher es das Gewicht, welches wir ihm auf unsere Entscheidungen einräumen, erlangt haben möge. Weil jedoch diesem Theile von Bacon's Werke gewöhnlich eine große Wichtigkeit beigelegt wird, so wollen wir zur Erläuterung der

Beschaffenheit seiner vorzüglichen Fälle hier einige Beispiele geben. Ein zu seinen »blendenden Beispielen« gehöriger Fall ist so eben erwähnt worden. Bei diesen tritt die Beschaffenheit oder Ursache, welcher wir nachforschen (im obigen Falle die Ursache einer eigenthümlichen äußeren Gestaltung oder die innere Structur eines Crystalls), »nackt und für sich allein, und zwar in einer ausgezeichneten Weise, oder im höchsten Grade ihrer Kraft« hervor. Ohne Zweifel sind Fälle, wie dieser, höchst lehrreich; aber die Schwierigkeit in der Physik besteht eben darin, sie aufzufinden, nicht aber, wenn sie gefunden sind, ihre Kraft wahrzunehmen.

193) Das Gegentheil von den blendenden Beispielen sind die »unscheinbaren,« bei denen »die gesuchte Beschaffenheit im schwächsten und unvollkommensten Zustande sich zeigt.« Von diesen hat Bacon selbst ein bewunderungswürdiges Beispiel in der Cohäsion der Flüssigkeiten aufgestellt, als einem »unscheinbaren Beispiele« von der »Natur oder Beschaffenheit des Zusammenhangs oder der Festigkeit.« Doch würde hier wieder dieselbe scharfe Unterscheidung, vermittelst welcher Bacon die Analogie, welche die Flüssigkeiten mit den festen Körpern verknüpft, in der gemeinsamen Eigenschaft einer cohäsiven Anziehung erkannte, ihn zugleich in den Stand gesetzt haben, aus ihr, wenn sie angemessen unterstützt worden, jede zur Bildung richtiger Begriffe von der Cohäsionskraft nothwendige Folgerung zu ziehen; auch befördert ihre Verweisung in die Classe der unscheinbaren Beispiele auf keine Weise das Hervortreten und Reifen der Endresultate. Ist aber das Endresultat erreicht, ist unsere Induction vollendet, und schreiten wir zu ihrer Bestätigung, dann ist diese Classe von Beispielen von großem Nutzen, da dieselben in der That häufig nichts anderes, als äußerste Fälle sind (von denen wir bereits

(177) gesprochen haben), welche dadurch, daß sie unsere Folgerungen gleichsam in gewaltsame Umstände versetzen, ihre Natur und ihre Kraft auf die Probe stellen.

194) »Collective Beispiele,« in Bacon's Classification, sind nichts anderes, als allgemeine Thatsachen, oder Gesetze von einigem Grade von Allgemeinheit, und sie sind selbst Resultate der Induction. Es giebt aber eine Gattung derselben von besonders lehrreicher Beschaffenheit, welche Bacon nicht betrachtet zu haben scheint; und sie besteht darin, wenn besondere Fälle unserer Beobachtung auf einmal in einer solchen Zahl dargeboten werden, daß die Induction ihres Gesetzes zu einer Sache der Ocularanschauung wird. So ist z. B. die parabolische Gestalt, die ein aus einer runden Oeffnung hervorkommender Wasserstrahl annimmt, ein collectives Beispiel von den Geschwindigkeiten und Richtungen der Bewegungen aller Theilchen, aus denen er zusammengesetzt ist, auf einmal gesehen, der uns ohne Mühe zur Erkennung der Gesetzes der Bewegung eines geworfenen Körpers führt. Ferner sind die schönen Figuren, in welche der auf regelmäßig geformte und in Schwingung gesetzte Glas- oder Metallscheiben gestreuete Sand sich ordnet, collective Beispiele von einer Unzahl von Puncten, die während der Schwingungen des übrigen Theils der Scheibe in Ruhe bleiben; und sie verschaffen uns daher gleichsam einen Anblick des Gesetzes, welches ihre Anordnung und Aufeinanderfolge auf der ganzen Oberfläche regulirt. Die schön gefärbten Lemniscaten, von denen man die optischen Axen der dem polarisirten Lichte ausgesetzten Crystalle umgeben sieht, geben ein prächtiges Beispiel derselben Art, da sie unmittelbar auf den allgemeinen mathematischen Ausdruck des Gesetzes hinweisen, durch welches ihre Entstehung regulirt wird *). Die

*) Phil. Trans. 1819.

Wichtigkeit solcher collectiver Beispiele, wie diese sind, und deren Grund ist leicht zu übersehen. Sie führen uns zu einem allgemeinen Gesetze durch eine Induction, die sich von selbst darbietet, und verschaffen so uns vorgeschobene Puncte in unseren Untersuchungen; springen wir von diesen ab, so sind »tausend Schritte verloren.«

195) Ein schönes collectives Beispiel bietet das System des Jupiter oder Saturn mit seinen Monden dar. Wir sehen hier im Kleinen und auf einen Blick ein dem Planetensystem völlig ähnliches System. Von jenem vermögen wir, da wir in ihm mit eingeschlossen und so ungünstig gestellt sind, daß wir es nur im Einzelnen erblicken können, nur durch langsam fortschreitende Anstrengungen des Geistes uns eine Vorstellung zu bilden. Daher hat die Betrachtung der Jupitersmonde wesentlich zur allgemeineren Begründung des Copernicanischen Systems beigetragen.

196) Von den »durchkreuzenden Beispielen« haben wir auch bereits gesprochen, als solchen, die das bequemste und sicherste Mittel zur Aussonderung fremdartiger Ursachen und zur Entscheidung zwischen rivalisirenden Hypothesen darbieten. Da es in der Natur des menschlichen Geistes liegt, Hypothesen zu bilden, und im Voraus über Fälle zu urtheilen, so trifft es sich beständig, daß von allen möglichen Voraussetzungen, die uns vorkommen mögen, zwei oder drei uns hauptsächlich, unter Ausschließung aller übrigen, beschäftigen; oder es kann geschehen, daß, wenn wir weniger übereilt verfahren, außer einer großen Menge wegen offenbarer Unanwendbarkeit auf diesen oder jenen Fall verworfener Voraussetzungen, zwei oder drei mit besseren Ansprüchen versehene zur Entscheidung übrig bleiben: diese zu geben, dazu werden die erwähnten Beispiele uns in den Stand setzen. Eines von den von Bacon zur Er-

läuterung dieser Classe angeführten Beispielen ist sehr merkwürdig, da es nichts mehr oder weniger ist, als ein Vorschlag zu einem directen Versuch, um zu entscheiden, ob das Streben schwerer Körper zur Erde hernieder ein Resultat irgend eines besonderen Mechanismus innerhalb derselben, oder der Anziehung der Erde »vermöge ihrer körperlichen Masse, als einer Zusammenfügung von Körpern von derselben Beschaffenheit« sei. Ist letzteres der Fall, sagt er, »so folgt, daß je mehr die Körper der Erde sich nähern, sie desto stärker, kräftiger und rascher ihr zustreben werden, und umgekehrt, je entfernter sie sind, desto schwächer und langsamer:« und sein Versuch sollte darin bestehen, die Wirkung einer Feder und eines Gewichts auf die Unterhaltung der Bewegungen zweier »Uhren« zu vergleichen, die übereinstimmend regulirt worden, und abwechselnd auf die Spitze hoher Gebäude und auf den Boden der tiefsten Gruben gebracht werden sollten. Unter Uhren konnte er keine Pendeluhren verstehen, die damals noch nicht bekannt waren (die erste in England wurde 1662 gemacht), sondern Flügeluhren (fly-clocks), so daß der Vergleich, wenn gleich zu roh, doch gesunden mechanischen Principien nicht zuwider war. Kurz, sein Princip war die Vergleichung der Wirkung einer Feder mit der eines Gewichts, in der Hervorbringung gewisser Bewegungen in gewissen Zeiten an erhabenen und tiefen Orten. Dieß ist nun wirklich durch neuere Versuche von Airy und Whewell in der Grube Dolcoath zur Ausführung gekommen: ein Pendel (ein durch die Schwere bewegtes Gewicht) wurde mit einer durch eine Feder bewegten und regulirten Chronometeruhr verglichen. In seinem 37sten Aphorism spricht Bacon auch von der Schwere als einer unkörperlichen, in die Ferne wirkenden und zu ihrer Uebertragung Zeit erfordernden

Kraft, eine Betrachtung, auf welche zu einer späteren Zeit Laplace bei einer seiner feinsten Untersuchungen gerieth.

197) Ein gut gewähltes und scharf gezeichnetes durchkreuzendes Beispiel ist zuweilen von der höchsten Wichtigkeit, da zwischen zwei Theorien, die sich (wie es zuweilen der Fall ist) in der Erklärung großer Classen von Erscheinungen das Gleichgewicht halten, zuletzt durch eine einzelne Thatsache die Entscheidung herbeigeführt wird. Ein schönes Beispiel davon wird in dem nächsten Abschnitte mitgetheilt werden. Zu den oben gegebenen Beispielen von dieser Art von Fällen können wir noch die Anwendung chemischer Prüfungen hinzufügen, welche fast sämmtlich durchkreuzende Versuche sind.

198) Bacon's »wandernde Beispiele« sind solche, bei denen die zu erforschende Beschaffenheit oder Eigenschaft »wandert«, oder dem Grade nach sich ändert, und die so (nach §. 152.) eine Anzeige von einer Ursache durch eine Stufenfolge in der Intensität ihrer Wirkung verschaffen. Eines seiner Beispiele ist sehr glücklich gewählt, die Erscheinung nämlich, daß Papier, welches im trocknen Zustande weiß ist, dieses viel weniger ist, wenn es benäßt, und durch Austreibung der Luft und Aufnahme von Wasser dem Zustande der Durchsichtigkeit genähert wird. Wenn man dieses und manche andere Beispiele im Novum Organum liest, so möchte man glauben, sein Verfasser habe es aus Newton's Optik genommen (wenn sie geschrieben gewesen wäre).

199) Bacon's wandernde Beispiele so wohl, als seine sogenannten »Grenzbeispiele« sind solche, in denen wir jenes allgemeine Gesetz, welches durch die ganze Natur verbreitet zu sein scheint, das Gesetz der Continuität, wie es genannt wird und in dem bekannten Ausspruch: »Natura non agit per saltum« ausgedrückt ist, zu erkennen vermögen. Die

Verfolgung dieses Gesetzes in Fällen, wo seine Anwendung sich nicht beim ersten Anblick ergiebt, hat sich als eine ergiebige Quelle physicalischer Entdeckungen bewährt, und uns zur Kenntniß einer Analogie und innigen Verknüpfung von Phänomenen geführt, zwischen denen eine solche irgend zu finden wir anfangs nimmer erwartet haben würden.

200) Die Durchsichtigkeit des Goldblatts, zum Beispiel, welche einem blaugrünen Lichte den Durchgang durch dasselbe gestattet, ist ein Grenzfall zwischen der Durchsichtigkeit wasserheller Körper und der Undurchsichtigkeit der Metalle, und verhütet eine Störung des Continuitätsgesetzes zwischen durchsichtigen und undurchsichtigen Körpern, indem es aus der Classe der allgemein als die undurchsichtigsten in der Natur angesehenen Körper einen heraushebt, der doch noch einen geringen Grad von Durchsichtigkeit besitzt. Dadurch beweist es, daß die Eigenschaft der Undurchsichtigkeit nicht eine der Durchsichtigkeit entgegengesetzte oder widerstrebende Eigenschaft, sondern nur deren äußerster, geringster Grad ist.

Siebentes Capitel.

Von den höheren Graden der inductiven Verallgemeinerung, und von der Bildung und Bestätigung der Theorien.

201) So wie besondere Inductionen und Gesetze von dem ersten Grade von Allgemeinheit durch die Betrachtung individueller Thatsachen gewonnen werden, so gehen Theo-

rien aus einer Betrachtung dieser Gesetze und der in dem vorhergegangenen Verfahren zur Ansicht gebrachten nächsten Ursachen hervor, indem sie sämmtlich als eine neue Abtheilung von Phänomenen bildend angesehen werden, welche mehr Geschöpfe des Geistes, als der Sinne sind, und von denen jedes in genereller Sprache unzählige besondere Thatsachen darstellt. Bei der Aufstellung dieser höheren Inductionen ist daher der Thätigkeit der bloßen Vernunft mehr Spielraum gegeben, als beim langsamen prüfenden Betasten unserer ersten Resultate. Der Geist wird weniger vom Stoff belastet und bewegt sich gleichsam in seinem eigenen Elemente. Was nun vor ihm liegt, nimmt er auf eine innigere Weise und weniger durch Vermittelung der Sinne wahr, oder wenigstens nicht auf die nämliche Art, als während der Beschäftigung mit den unmittelbaren Gegenständen der Sinne. Aber man darf deshalb nicht glauben, daß wir bei der Bildung von Theorien der unbeschränkten Thätigkeit der Einbildungskraft überlassen sind, oder die Freiheit haben, willkührliche Principien aufzustellen, oder die Existenz rein eingebildeter Ursachen anzunehmen. Die Speculationsfreiheit, die wir in den Gebieten der Theorie besitzen, gleicht nicht der wilden Zügellosigkeit eines Sklaven, der seine Ketten zerbrochen hat, sondern vielmehr dem Zustande des Freien, der in der Schule gerechter Subordination die Kraft der Selbstbeherrschung erlangt hat. Die letzten Gegenstände, die wir in den höchsten Theorien verfolgen, sind die nämlichen, als die der niedrigsten Inductionen, und die Mittel, wodurch wir sie am sichersten erreichen können, besitzen eine genaue Analogie mit denen, die wir in solchen niederen Fällen erfolgreich gefunden haben.

202) Unser unmittelbarer Gegenstand bei physicalischen Theorien ist die Analyse der Phänomene und die Erkenntniß der verborgenen Processe der Natur beim Hervorbringen,

so weit sie von uns erforscht werden können. Ein wichtiger Theil dieser Erkenntniß besteht in einer Entdeckung des gegenwärtigen Baues oder Mechanismus des Weltalls und seiner Theile, durch welchen und in welchem jene Processe ausgeführt werden, und der bei ihrer Vollführung thätigen Agentien. Nun hat aber der Mechanismus der Natur größtentheils entweder einen zu großen oder einen zu kleinen Maaßstab, als daß er unmittelbar durch unsere Sinne erkennbar wäre; und ihre Agentien entziehen sich ebenfalls der directen Beobachtung, und werden uns nur durch ihre Wirkungen bekannt. Vergebens würden wir daher wünschen, Zeugen der mit solchen Mitteln bewerkstelligten Processe zu sein, und in die geheimen Werkstätten, wo sie vollführt werden, eingelassen zu werden. Es sind Microscope von einer mehr als tausendfachen linearen Vergrößerungskraft verfertigt worden, durch welche das kleinste sichtbare Sandkorn seiner Masse nach tausend millionen Mal vergrößert erscheint; dennoch ist der einzige Eindruck, den wir durch den Anblick desselben bei einer solchen Vergrößerung erlangen, der, daß es uns an ein mächtiges Bruchstück von einem Felsen erinnert, während sein innerer Bau, von welchem seine Farbe, seine Härte und seine chemische Beschaffenheit abhängt, uns fortwährend verborgen bleibt; ja es scheint nicht einmal, daß wir irgend eine Annäherung zu einer genaueren Analyse desselben durch eine solche Prüfung erreicht haben.

203) Andrerseits entzieht sich der Mechanismus des großen Systems, von welchem unser Planet einen Theil ausmacht, der unmittelbaren Beobachtung durch die Unermeßlichkeit seines Maaßstabes, ja sogar durch die Langsamkeit seiner Evolutionen. Die Bewegung des Minutenzeigers einer Taschenuhr kann nur mit der größten Aufmerksamkeit, die Bewegung des Stundenzeigers durchaus nicht

wahrgenommen werden. Doch was sind diese Bewegungen, hinsichtlich des Eindrucks von Langsamkeit, den sie auf unsern Geist machen, gegen eine Umlaufsbewegung, die ein ganzes Jahr, oder zwölf, oder dreißig, oder achzig Jahre zu ihrer Vollendung bedarf, wie es mit den Umläufen der Planeten um die Sonne der Fall ist? Aber kaum denken wir über die linearen Dimensionen dieser Bahnen nach (die wir jedoch nicht sehen, und nur durch Hülfe eines langen, umständlichen und schwierigen Verfahrens messen können), so verlieren wir uns auch schon in Staunen über die Geschwindigkeit der nämlichen Bewegungen, die uns vorher so langsam erschienen *). Die Bewegung der Windmühlenflügel bietet (in kleinem Maaßstabe) einen erläuternden Fall dar. In der Ferne erscheint ihr Umlauf langsam und stetig, wenn wir aber einem Flügel während seines Umlaufs nahe kommen, überrascht uns die Schnelligkeit, womit er bei uns vorbeirauscht.

204) Ferner sind die von der Natur zur Einwirkung auf materielle Gebilde gebrauchten Agentien an sich unsichtbar, und nur an den von ihnen hervorgebrachten Wirkungen zu erkennen. Die Wärme dehnt mit unwiderstehlicher Kraft die Körper aus; aber was sie ist, bleibt ein Problem. Ein durch einen Draht laufender electrischer Strom bewegt aus der Ferne eine magnetisirte Nadel; aber außer dieser Wirkung bemerken wir keinen Unterschied in der Beschaffenheit des Drahtes, er mag den Strom leiten oder

*) »Wenn man uns sagt, daß Saturn in einer Stunde mehr als 22000 Meilen in seiner Bahn durchläuft, so meinen wir, die Bewegung sei rasch; wenn wir aber finden, daß er dabei mehr als drei Stunden gebraucht, um sich um die Länge seines eigenen Durchmessers fortzubewegen, so müssen wir sie für langsam halten, was sie auch ist.« Thirty Letters on various Subjects, by William Jackson, 1795.

nicht, und wir wenden den Ausdruck Strom nur deshalb auf die Electricität an, weil sie uns in einigen ihrer Beziehungen an etwas erinnert, das wir bei einem Strome von Luft oder Wasser beobachtet haben. Eben so sehen wir, daß der Mond sich um die Erde bewegt; und weil wir ihn für eine feste Masse halten, und, soweit unser Thun und Prüfen reicht, nie gesehen haben, daß ein fester Körper sich rund um einen anderen bewege, ohne von ihm durch eine Kraft zurückgehalten zu werden, oder durch ein Band mit ihm verbunden zu sein, so schließen wir, daß zwischen der Erde und dem Monde eine Kraft und eine Art von Verknüpfung vorhanden sei, obgleich wir nicht begreifen, was für eine Art von Verknüpfung es sein könne, uns auch nicht denken können, wie eine solche Kraft aus der Ferne, und durch einen leeren, oder höchstens nur mit einer unsichtbaren Flüssigkeit erfüllten Raum hindurch ausgeübt werden könne. (S. §. 148.)

205) Dennoch dürfen wir nicht verzweifeln, da wir regelmäßige und schöne Resultate in Werken von Menschenhand durch Mittel bewirkt sehen, von denen Niemand beim ersten Blick glauben würde, daß sie zu jenen in irgend einer Beziehung stehen. Ein Bogen weißes Papier wird auf einen Rahmen gelegt und vorwärtsgeschoben, und nachdem es sich allmählig zwischen einem halben Dutzend Walzen hindurch gewunden und manche andere seltsame Umwälzungen gemacht hat, kommt es auf beiden Seiten bedruckt wieder hervor. Und am Ende besteht die wirkende Ursache in diesem Proceß in nichts anderem, als in einigen wenigen Gallonen Wasser, welches in einem eisernen Behälter fern von dem Schauplatz der Operation verkocht. Warum aber das so siedende Wasser fähig ist, die mächtige Kraft, die den ganzen Apparat in Bewegung setzt, hervorzubrin-

gen, ist für uns ein Geheimniß, und wird es wahrscheinlich lange bleiben.

206) Dieß hindert uns jedoch durchaus nicht, uns von dem nachfolgenden Proceß einen sehr vollständigen Begriff zu verschaffen. Wir können Druckereien besuchen, und eine Theorie des Druckens aufstellen. Sind wir dann bis zu dem Puncte, wo die mechanische Wirkung beginnt (dem Dampfkessel der Dampfmaschine) vorgedrungen, und haben wir beim Auseinandernehmen und Wiederzusammensetzen des Räderwerks und der Pressen, und bei einer verständigen theoretischen Prüfung aller Uebertragungen der Bewegung von einem Theile zum anderen unsere Ansicht bestätigt gefunden, so können wir endlich unsere Theorie für gut erklären, und behaupten, daß wir das Drucken durch und durch verstehen. Ja, wir können weiter gehen, und die bei dieser Untersuchung uns bekannt gewordenen Principien der Mechanik auf andere höchst verschiedene Zwecke anwenden, andere Maschinen bauen und durch dieselbe bewegende Kraft in Bewegung setzen, und das alles, ohne zu irgend einer richtigen Vorstellung von der letzten Quelle der angewandten Kraft zu gelangen. Wenn wir aber geneigt sind, weiter zu theoretisiren, so können wir auch dieses, und man begreift leicht, wie zwei Forscher sehr verschiedene Hypothesen über den Ursprung der Kraft bilden könnten, welche die Kolbenstange der Maschine abwechselnd auf- und niedertreibt. Der eine z. B. könnte behaupten, der Dampfkessel (von welchem wir annehmen wollen, es sei keinem der beiden Theoretiker erlaubt worden, seinen Inhalt zu untersuchen) sei der verborgene Aufenthalt eines unbekannten mächtigen Thieres, und er würde anscheinend annehmliche Analogien in der Wärme, dem Geräusch des Athmens, der Verzehrung von Brennmaterial und Wasser, dem Dampf und besonders in der ausgeübten mechanischen

Kraft finden. Er würde (nicht ohne einen Schein von Grund) sagen, daß wir da, wo wir eine positive wunderbare Wirkung und manche starke Analogien, als verzehrte Stoffe, und alle die gewöhnlichen Zeichen der Lebensthätigkeit wahrnehmen, die Existenz animalischen Lebens nicht deshalb leugnen dürfen, weil wir kein Thier kennen, welches solche Nahrung verzehrt. Ja er könnte mit Wahrheit bemerken, daß das Brennmaterial wirklich aus Bestandtheilen zusammengesetzt sei, aus denen die Hauptnahrung aller Thiere besteht u. s. w.; während andererseits sein theoretisirender Genosse, der einen Schimmer des Feuers erhaschte und den eigenthümlichen Schall des Siedens entdeckte, einen richtigeren Begriff von dem Vorgange erlangen, und eine mit der Wirklichkeit mehr übereinstimmende Theorie bilden könnte.

207) Es ist nichts gewöhnlicher in der Physik, als zwei oder sogar mehrere Theorien über den Ursprung einer Naturerscheinung aufgestellt zu finden. Die Wärme z. B. betreffend, betrachtet der Eine sie als eine wirklich existirende materielle Flüssigkeit von einer so ausnehmenden Feinheit, daß sie alle Körper durchdringe, und sogar fähig sei, sich chemisch mit ihnen zu verbinden; während ein Anderer sie nur für eine rasche, schwingende oder rotatorische Bewegung in den kleinsten Theilen der erwärmten Körper hält, und ein merkwürdig sinnreiches mechanisches Raisonnement vorbringt, um zu zeigen, daß in einer solchen Lehre nichts gefunden dynamischen Principien widersprechendes enthalten sei. Eben so ist es mit dem Lichte. Der Eine betrachtet es als aus wirklichen Theilchen bestehend, die von den leuchtenden Körpern ausgestoßen, und in ihrem Fortgange von höchst intensiven Kräften afficirt werden, die in den Körpern, auf welche sie treffen, ihren Sitz haben; der Andere als in der schwingenden Bewegung der Theil-

chen leuchtender Körper beſtehend, die einem eigenthümlichen, feinen und höchſt elaſtiſchen, den ganzen Weltraum erfüllenden ätheriſchen, Mittel mitgetheilt, und durch dieſes unſern Augen ebenſo, wie der Schall unſeren Ohren vermittelſt der Undulationen der Luft, zugeführt wird.

208) Sollen wir uns nun von der Aufſtellung von Hypotheſen und der Bildung von Theorien dadurch abſchrecken laſſen, daß wir ſolchen Dilemmas begegnen, und uns häufig im Dunkeln befinden? Sicherlich nicht. Est quodam prodire tenus, si non datur ultra. Hypotheſen ſind in Beziehung zu Theorien, was vermuthete nächſte Urſachen in Beziehung zu beſonderen Inductionen ſind; ſie geben uns Veranlaſſung, nach Analogien zu ſuchen, und alle die Fälle, die auf ſie Bezug zu haben ſcheinen, zur Prüfung herbeizuziehen. Eine gut erdachte Hypotheſe, wenn ſie von einer klaren inductiven Betrachtung allgemeiner Geſetze eingegeben worden, kann kaum verfehlen, uns wenigſtens dazu in den Stand zu ſetzen, die Verallgemeinerung einen Schritt weiter zu führen, und verſchiedene ſolche Geſetze unter einem allgemeineren Ausdruck zuſammenzufaſſen. Dieſe Anſicht von dem Werthe und der Wichtigkeit der Hypotheſen iſt aber viel zu beſchränkt. Es kann geſchehen (wie es mit der Undulationshypotheſe des Lichts der Fall iſt), daß auf der Seite einer Hypotheſe ein ſolches Gewicht von Analogie und Wahrſcheinlichkeit angehäuft wird, daß wir gezwungen werden, Eines von folgenden Beiden einzuräumen: entweder nämlich, daß ſie eine wirkliche Angabe deſſen, was in der Natur vorgeht, ſei, oder daß die Wirklichkeit, wie ſie auch beſchaffen ſein möge, ſo genau parallel mit ihr gehen müſſe, daß ſie eine beiden gemeinſchaftliche Ausdrucksweiſe geſtattet, wenigſtens ſo weit es die zur Zeit bekannten Phänomene betrifft. Dieß iſt nun aber ein ſehr großer Schritt, nicht nur an ſich, inſofern er uns zu

einem hohen Puncte in der philosophischen Speculation leitet, sondern auch wegen seiner Anwendungen, weil alle aus einer so begründeten Hypothese abgeleiteten Folgerungen wenigstens eine starke Wahrscheinlichkeit für sich haben; und so werden wir dadurch zur Anstellung mancher merkwürdiger Versuche und zur Erfindung mancher nützlicher und wichtiger Vorrichtungen veranlaßt werden, an die wir sonst nimmer gedacht haben würden, und die, wenn sie sich in der Praxis bewähren, auf alle Fälle ein reeller Zuwachs an dem Stamme unsers Wissens und in den Künsten des Lebens sind.

209) Bei der Aufstellung einer Theorie, welche von irgend einer Naturerscheinung auf rationelle Weise Rechenschaft geben soll, haben wir zuerst die Agentien, von denen diese abhängt, oder die Ursachen, auf welche sie, wie wir glauben, zuletzt zurückzuführen ist, zu betrachten. Diese Agentien können nicht willkührlich angenommen werden; sie müssen so beschaffen sein, daß wir gute inductive Gründe haben, an ihre Existenz in der Natur und an ihre Wirksamkeit bei Phänomenen zu glauben, die denen, über welche wir Rechenschaft geben wollen, analog sind; oder so, daß ihre Gegenwart im vorliegenden Falle durch unzweideutige Zeichen bewiesen werden kann. Kurz, sie müssen wahre Ursachen sein, deren Existenz und Wirksamkeit nicht allein wir nachzuweisen, sondern auch deren Thätigkeitsgesetze wir unabhängig, durch directe Induction, aus absichtlich angestellten Versuchen abzuleiten vermögen; oder hinsichtlich welcher wir wenigstens Voraussetzungen machen können, die unserer Erfahrung nicht entgegen sind, und deren Bestätigung von der Uebereinstimmung der von ihnen abzuleitenden Folgerungen mit den Thatsachen zu erwarten ist. Wir nehmen z. B. in der Theorie der Gravitation an, daß ein Agens, nämlich eine Kraft oder mechanische

Gewalt, auf jeden in der Nähe eines anderen befindlichen materiellen Körper wirke, und beide gegen einander treibe. Dieß ist eine wahre Ursache; denn schwere Körper (und das sind alle, einige mehr, andere weniger) streben zur Erde nieder, und es bedarf, um diesem Streben entgegenzuwirken, oder sie aufzuhalten, der Anwendung von Kraft. Nun ist aber das, was einer Kraft widerstrebt und sie aufhebt, auch Kraft. Ferner findet man, daß ein Bleiloth, welches frei hängend immer eine senkrechte Lage annimmt, in der Nähe eines beträchtlichen Gebirges, der Beobachtung zufolge, diese senkrechte Lage verläßt, und dieß beweist, daß es durch eine Kraftausübung nach dem Gebirge hingezogen wird. Ueberdieß muß der Mond, da es Thatsache ist, daß er sich um die Erde bewegt, durch eine Kraft zur Erde hingezogen werden; denn ohne eine solche würde er in grader Linie sich fortbewegen, ohne jemals wieder die Erde zu umkreisen, und sich daher bald im Weltraume verlieren. Diese Kraft also, die wir Schwerkraft nennen, ist eine reelle Ursache.

210) Sodann haben wir die Gesetze zu betrachten, welche die Thätigkeit dieser unserer primären Agentien reguliren, und zu ihnen können wir nur auf drei Wegen gelangen: 1) durch ein inductives Raisonnement, das heißt: durch eine Prüfung aller der Fälle, in denen ihre Wirksamkeit uns bekannt ist, durch eine Ermittelung ihres Betrags oder ihrer Intensität in jedem besonderen Falle, so gut die Umstände es erlauben wollen, durch eine Zusammenfügung dieser gleichsam zerstreuten Glieder und durch eine weitere Abstraction von diesen; 2) durch die Aufstellung einer kühnen Hypothese, Specialisirung des Gesetzes und Prüfung seiner Richtigkeit vermittelst einer Ableitung seiner Folgerungen und einer Vergleichung derselben mit Thatsachen; 3) durch ein aus diesen beiden zusammengesetztes Verfahren,

wodurch eine Verbindung der Vortheile beider ohne ihre Mängel erreicht wird, nämlich durch eine Voraussetzung zwar der zu entdeckenden Gesetze, aber eine so allgemein ausgedrückte, daß sie eine unbegrenzte Verschiedenheit von besonderen Gesetzen umfassen, — ferner durch eine Entwickelung der Folgerungen daraus vermittelst der Anwendung solcher allgemeiner Grundsätze, als der Fall zuläßt, — durch eine Vergleichung derselben nach einander mit allen uns bekannten besonderen Fällen und endlich durch eine solche auf diese Vergleichung gegründete Modification und Restriction der allgemeinen Aussage unserer Gesetze, daß die Resultate dadurch zur Uebereinstimmung kommen.

211) Alle diese drei Verfahrungsarten zur Entdeckung derjenigen allgemeinen Elementargesetze, auf denen die höheren Theorien ruhen, sind unter verschiedenen Umständen mit verschiedenem Vortheil anwendbar. Wir könnten ihre successive Anwendung auf den Fall der Gravitation als ein Beispiel davon geben; aber da dieses uns in eine für den Gegenstand dieser Schrift zu specielle Untersuchung und zu weit in das Gebiet der mathematischen Technik führen würde, so wollen wir uns begnügen zu bemerken, daß die zuletzt erwähnte Methode diejenige ist, welche die Mathematiker (besonders solche, die eine große Gewalt über jene allgemeinen Darstellungs- und Raisonnementsweisen, welche die höhere Analysis ausmachen, besitzen) am allgemeinsten anwendbar und am wirksamsten finden; und daß sie mit besonderem Vortheil dann anwendbar ist, wenn untergeordnete Inductionen von der im letzten Abschnitt beschriebenen Art bereits zu Gesetzen von einer gewissen Allgemeinheit geführt haben, die einen mathematischen Ausdruck zulassen. Solch ein Fall ist z. B. die elliptische Bewegung eines Planeten, welche durch einen allgemeinen Satz ausgedrückt wird, der die Angabe einer unendlichen Zahl besonderer

Stellen enthält, in welchen der Planet, den Geſetzen ſeiner Bewegung zufolge, zu dieſer oder jener Zeit gefunden werden muß, und für welchen folglich das Geſetz der Kraft ſo angenommen werden muß, daß es Rechenſchaft darüber giebt.

212) Was die erſte der oben angegebenen drei Verfahrungsarten betrifft, ſo iſt ſie in der That eine Induction von der in §. 185 beſchriebenen Gattung, und alle über dieſe Inductionsgattung dort gemachten Bemerkungen ſind auf ſie auf dieſer Station anwendbar. Die directe Annahme einer beſonderen Hypotheſe iſt nicht ſelten ſehr erfolgreich geweſen. Als Beiſpiel können wir Coulomb's und Poiſſon's Theorien der Electricität und des Magnetismus anführen, in denen beiden Phänomene von ſehr verwickelter und intereſſanter Beſchaffenheit auf die Wirkung anziehender und abſtoßender Kräfte zurückgeführt werden, die ein in ſeinem Ausdruck dem Gravitationsgeſetze ähnliches Geſetz befolgen. Aber die Schwierigkeit und Mühe, welche in den größeren Theorien immer die Verfolgung eines Fundamentalgeſetzes bis in ſeine entfernten Folgen begleiten, ſchließt dieſe Methode von einem gewöhnlichen Gebrauch derſelben als eines Mittels zu Entdeckungen aus, und beſchränkt ihre Anwendung auf die Fälle, wo wir einer Analogie wegen oder ſonſt guten Grund haben, von dem Verſuche Erfolg zu erwarten, oder wo wir zuerſt durch partielle Inductionen zu beſonderen Geſetzen gelangt ſind, die auf natürliche Weiſe zu einem Verſuch mit ihr auffordern.

213) In dieſem Falle nimmt das Geſetz alle Merkmale eines allgemeinen Phänomens an, das vermittelſt einer Induction aus beſonderen hervorgegangen, aber noch nicht durch Vergleichung mit allen beſonderen beſtätigt, auch noch nicht auf alle, die es zu umfaſſen vermag, ausgedehnt worden iſt (S. §. 171.). Es iſt die Beſtätigung

ſolcher Inductionen, die eine Theorie im weiteſten Sinne des Worts ausmacht, und die eine Schätzung des Einfluſſes aller ſolcher Umſtände umfaßt, welche die Wirkung der Urſache, deren Wirkungsgeſetze wir ermittelt haben und beſtätigen wollen, abändern können. So müſſen wir (um zu unſerm Beiſpiele zurückzukehren), da beſondere Inductionen, die aus den Bewegungen der verſchiedenen Planeten um die Sonne abgeleitet worden, zu der allgemeinen Vorſtellung von einer von jedem materiellen Theilchen im Weltall auf jedes andere, dem mit dem Namen der Gravitation bezeichneten Geſetze gemäß, ausgeübten anziehenden Kraft geführt haben, wenn wir dieſe Inductionen beſtätigen wollen, von der Annahme dieſes Geſetzes ausgehen, indem wir das Weltall als ſeinem Einfluß unterworfen und ihm unbedingt gehorchend und nichts als ſeiner Wirkung entgegenſtehend anſehen. Wir nehmen dann zuerſt eine Folge von abändernden Umſtänden wahr, die uns nicht entgegentraten, als wir vom Beſonderen aufwärts folgerten, um zu dem Fundamentalgeſetze zu gelangen; wir bemerken, daß alle Planeten ſich gegenſeitig anziehen, und daher aus den Bahnen ablenken müſſen, denen ſie folgen würden, wenn ſie nur von der Sonne angezogen würden; und da dieſes beim Inductionsverfahren gar nicht in Betracht gezogen worden, ſo wird ſeine Gültigkeit eine Frage, die nur durch eine genaue Ausmittelung der Größe der aus dieſer neuen Claſſe gegenſeitiger Wirkungen hervorgehenden Ablenkung entſchieden werden kann. Dieſes auszuführen iſt aber keine leichte, ſondern vielmehr die ſchwierigſte Aufgabe, welche der menſchliche Geiſt jemals gelöſt hat; indeſſen iſt ſie bloß durch Anwendung der allgemeinen Geſetze der Dynamik gelöſt worden, und das Reſultat (ohne Zweifel ein höchſt befriedigendes und ſchönes) iſt, daß alle bei den Bewegungen unſers Syſtems beobachteten Abweichungen, welche, bei der

unvollkommenen Ansicht des Gegenstandes, die wir bei dem untergeordneten Verfahren, wodurch wir zu unserer allgemeinen Folgerung aufstiegen, gewannen, als Ausnahmen dastanden (§. 154.), oder als residuelle Phänomene bezeichnet, und der weiteren Nachforschung vorbehalten waren (§. 158.), sich als unmittelbare Folgen der erwähnten gegenseitigen Wirkungen erwiesen. Als solche sind sie weder Ausnahmen, noch residuelle Thatsachen, sondern Erfüllungen allgemeiner Regeln, und wesentliche Puncte in der Darstellung des Falles, ohne welche unsere Induction ungültig, und das Gravitationsgesetz positiv unwahr sein würde.

214) In der Gravitationstheorie ist das Gesetz Alles in Allem, indem es sich auf einmal des Stoffes bemächtigt, und direct das Resultat hervorbringt (A.). In vielen anderen Fällen aber haben wir nicht bloß die Gesetze zu betrachten, welche die Wirkungen unserer letzten Ursachen regulirt, sondern auch ein System von Mechanismen, oder eine Structur von Theilen, durch deren Dazwischenkunft ihre Wirkungen uns wahrnehmbar werden. So wird in Ampère's schöner und merkwürdiger electrodynamischer Theorie die gegenseitige Anziehung oder Abstoßung zweier Magneten auf ein allgemeineres Phänomen, die gegenseitige Wirkung zweier electrischer Ströme gemäß einem gewissen Fundamentalgesetze, zurückgeführt. Um aber den Fall eines Magneten in den Kreis dieses Gesetzes zu ziehen, ist er gezwungen, eine besondere Structur oder einen Mechanismus vorauszusetzen, wodurch ein Körper zu einem Magneten wird, der Art nämlich, daß jedes Theilchen des Körpers beständig in einer festbestimmten Richtung von einem kleinen Strom electrischer Flüssigkeit umkreist werde.

215) Dieß ist, können wir sagen, zu verwickelt; es ist künstlich, und kann nicht zugegeben werden. Wenn aber die Zulassung dieser oder irgend einer anderen zehn-

mal künstlicheren und verwickelteren Structur irgend jemand in den Stand setzen würde, eine große Zahl besonderer Thatsachen in einem allgemeinen Gesichtspuncte darzustellen, — sie zu einem Theile eines Systems zu machen, und wenn sie uns in den Stand setzen würde, vom Bekannten auf das Unbekannte zu schließen, und wirklich Thatsachen ohne Versuch vorherzusagen, — so würden wir fragen, warum sie nicht zugegeben werden sollte? Wenn wir jene Werke der Natur, die wir in ihre Theile zerlegen und begreifen können, näher betrachten, so finden wir sie im höchsten Grade künstlich, in unserm eigenen Sinne des Worts. Man nehme z. B. den Bau des Auges oder des Skeletts eines Thieres, — welche Verwickelung und Künstlichkeit! In dem einen ein durchsichtiges Muskel, eine elliptisch geformte Linse, eine kreisförmige, der Erweiterung und Verengerung ohne Verlust ihrer Form fähige Oeffnung; in dem anderen ein Bauwerk von der seltsamsten Zimmerung, worin nicht eine einzige grade Linie und bekannte geometrische Curve vorkommt, dennoch augenscheinlich ganz systematisch, und nach Regeln gebaut, die unserer Nachforschung spotten. Oder man untersuche ein krystallisirtes Mineral, welches wir einigermaaßen zerschneiden, und in dessen innere Structur wir so eine directe Einsicht erlangen können. Weder Kunst, noch Verwickelung fehlen hier; und obgleich es leicht ist, zu behaupten, daß diese Erscheinungen am Ende durch ein Etwas hervorgebracht werden, welches, wenn wir es nur kennten, sich als sehr einfach erweisen würde, so ist doch klar, daß dasselbe auch von einer Dampfmaschine gesagt werden kann, da sie die verwickeltsten Bewegungen vor irgend einer Erforschung ihrer Beschaffenheit oder irgend einer Kenntniß von der Quelle ihrer Kraft ausführt.

demnach fest an einander gepreßt werden, und es wird klar zu seyn scheinen, daß nun eine Leitung der Wärme eintreten müsse. Indessen muß ihr Abstand allmählig abnehmen, so wie die sie zusammenpressende Gewalt zunimmt, bis sie endlich wirklich zur Cohärenz kommen und einen Körper bilden. Das Gesetz der Continuität aber, von welchem wir früher (§. 199.) gesprochen haben, verbietet uns vorauszusetzen, daß die innere Natur des Wärmemittheilungsprocesses bei diesem Uebergange der beiden Körper von einer leichten zu einer stärkeren Berührung, und von dieser zur wirklichen Vereinigung eine Veränderung erleide. Wäre dem nicht so, so könnten wir fragen, bei welchem Puncte die Veränderung einträte? besonders da es auch erweisbar ist, daß die Theilchen des festesten Körpers nicht wirklich mit einander in Berührung sind. Daher haben die Gesetze der Mittheilung und Strahlung eine gegenseitige Abhängigkeit von einander, und die ersteren sind nur äußerste Fälle der letzteren. Wenn wir demnach richtig verstehen wollen, was vorgeht, oder wie der Proceß der Natur bei der langsamen Mittheilung der Wärme durch die Substanz eines festen Körpers hindurch beschaffen ist, so müssen wir unsere Nachforschung auf das, was bei einem Abstande statt findet, gründen, und alsdann die ermittelten Gesetze bis zu den äußersten Fällen hin treiben.

218) Wenn zwei Theorien einander parallel laufen, und die eine eine große Menge von Thatsachen so gut, wie die andere erklärt, so ist jeder Versuch, der ein durchkreuzendes Beispiel darbietet, um zwischen beiden zu entscheiden, oder welchem zufolge die eine oder die andere fallen muß, von großer Wichtigkeit. Bei einer solchen Bestätigung der Theorien können wir, da sie auf allgemeine Gesetze gegründet sind, nicht bloß besondere Fälle, sondern ganze Classen von Thatsachen zur Entscheidung herbeiziehen; und wir ha-

ben daher eine große Reihe von Individuen derſelben zur Auswahl irgend einer beſonderen Wirkung, welche eventuell im Gegenſatz zu einer der beiden Vorausſetzungen, von denen wir ausgingen, ſtatt haben muß, inſofern nur die eine von beiden richtig ſein kann, während die andere unrichtig ſein muß. Ein merkwürdiges Beiſpiel hiervon hat Fresnel als, ſeiner Anſicht nach, entſcheidend zwiſchen den beiden Hauptmeinungen über die Natur des Lichts, welche ſeit Newton's und Huyghens's Zeit die Naturforſcher getheilt haben, gegeben (§. 207.). Wenn nämlich zwei ſehr reine Gläſer auf einander gelegt werden, ſo ſieht man, wenn ſie nicht vollkommen eben, ſondern, eines oder beide, in unmerklichem Grade convex oder vorſtehend ſind, ſchöne und lebhafte Farben zwiſchen ihnen; betrachtet man dieſe durch ein rothes Glas, ſo ſieht man abwechſelnd dunkle und helle Streifen. Dieſe Streifen werden zwiſchen den beiden ſcheinbar ſich berührenden Flächen gebildet, wovon Jeder ſich leicht überzeugen kann, wenn er ſtatt einer ebenen Glasplatte ein dreieckig geſtaltetes Stück, ein ſogenanntes Prisma, zum Auflegen gebraucht, und durch deſſen geneigte Seite zunächſt dem Auge hindurchſieht, durch welche Anordnung vermieden wird, daß das von der oberen Glasfläche zurückgeworfene Licht ſich mit dem von den in Berührung befindlichen Flächen zurückgeworfenen vermiſche. Nun ſind die ſo hervorgebrachten gefärbten Streifen nach beiden Theorien zu erklären, und beide berufen ſich ſogar auf ſie, als auf ſtreng beſtätigende Thatſachen. Aber es tritt in einem Umſtande ein Unterſchied hervor, je nachdem die eine oder die andere Theorie zu ihrer Erklärung gebraucht wird. Nach der Huyghens'ſchen Theorie müſſen nämlich die Zwiſchenräume zwiſchen den glänzenden Streifen völlig ſchwarz, nach der anderen halb erleuchtet ſein, wenn ſie ſo durch ein Prisma geſehen werden.

Sobald Fresnel diesen Gegensatz beider Theorien wahrgenommen hatte, unternahm er die Prüfung durch einen Versuch, und er behauptet, daß das Resultat desselben entschieden zu Gunsten der Theorie ausgefallen sei, nach welcher das Licht in den Schwingungen eines elastischen Mittels besteht.

219) Zu Theorien gelangt man am besten durch die Betrachtung allgemeiner Gesetze; aber bestätigt werden sie am sichersten durch Vergleichung mit besonderen Thatsachen, weil dieses als eine Bestätigung des ganzen Verlaufs der Induction, vom niedrigsten bis zum höchsten Gliede, dient. Aber die Vergleichung muß mit Thatsachen geschehen, die absichtlich so ausgewählt werden, daß sie alle irgend verschiedenen Fälle, die äußersten nicht ausgenommen, und zwar in hinreichender Anzahl enthalten, so daß wir alle Wahrscheinlichkeit haben, etwaige Irrthümer zu entdecken. Eine einzelne numerische Coincidenz bei einer Schlußfolgerung, wie schlagend diese oder wie wichtig der Gegenstand auch sein möge, ist nicht hinreichend. Newton's Theorie des Schalls z. B. führt zu einem numerischen Ausdruck für die wirkliche Geschwindigkeit des Schalls, welcher nur wenig von demjenigen, der aus der später von La Grange gegebenen richtigen Theorie hervorgeht, abweicht und (wenn gewisse von ihm nicht beachtete Gründe berücksichtigt werden) mit der That übereinstimmt. Dennoch ist diese Coincidenz keine Bestätigung von Newton's allgemeiner Ansicht der Schallerscheinungen, welche vielmehr, wie der eben genannte große Geometer genügend gezeigt hat, in einem wesentlichen Puncte fehlerhaft ist. Dieses Beispiel reicht hin, davor zu warnen, daß man die Bestätigung der Theorien auf irgend etwas anderes, als eine sehr ausgedehnte Vergleichung mit einer großen Menge beobachteter Thatsachen gründe.

220) Wenn aber andererseits eine Theorie die Probe einer solchen ausgedehnten Vergleichung aushält, so kommt wenig darauf an, wie sie ursprünglich gebildet wurde. Wie seltsam und auf den ersten Blick unzulässig ihre Postulate an sich oder deren Aufstellung im vorliegenden Falle auch erscheinen mögen, — wenn sie uns nur durch ein gesetzmäßiges Raisonnement zu Folgerungen leiten, die in genauer Uebereinstimmung mit zahlreichen Beobachtungen stehen, welche absichtlich unter einer solchen Verschiedenheit von Umständen gemacht worden sind, daß sie das ganze Gebiet der Erscheinungen, von denen die Theorie Rechenschaft geben soll, vollständig umfassen, so können wir nicht verweigern, sie einzuräumen; oder wenn wir noch zögern, sie als erwiesene Wahrheiten zu betrachten, so können wir uns wenigstens dem nicht entziehen, sie als temporäre Stellvertreter solcher Wahrheiten so lange anzunehmen, bis die letzteren bekannt sein werden. Wenn sie hinreichen, alle bekannten Erscheinungen zu erklären, so wird es höchst unwahrscheinlich, daß sie nicht noch mehrere erklären sollten; und wenn alle diejenigen ihrer Folgerungen, die wir geprüft haben, sich als richtig bewährt haben, so ist es wahrscheinlich, daß auch noch andere bis dahin ungeprüfte werden richtig gefunden werden, so daß wir, wenn wir sie sämmtlich verwerfen wollten, auch alle die Entdeckungen, zu denen sie führen können, verwerfen würden.

221) Bei allen Theorien, welche vorgeben, von dem Processe der Natur bei der Hervorbringung irgend einer Classe von Phänomenen, durch eine Zurückführung derselben auf allgemeine Gesetze oder auf die Wirksamkeit allgemeiner Ursachen, durch eine Folge von abändernden Umständen hindurch, genaue Rechenschaft zu geben, müssen wir, ehe wir jene Gesetze anwenden oder die Wirksamkeit jener Ursachen nachweisen können, die Umstände kennen; wir müssen Data

haben, um darauf ihre Anwendung zu gründen. Diese können nun aber allein aus der Beobachtung erlernt werden, und es könnte daher scheinen, als drehe die Argumentation sich in einem fehlerhaften Cirkel durch Herbeiziehung der Beobachtung für irgend einen Theil jener theoretischen Folgerungen, durch deren Vergleichung mit der Wirklichkeit die Theorie selbst geprüft werden muß. Die Betrachtung eines Beispiels wird uns jedoch in den Stand setzen, diese Schwierigkeit zu entfernen. Das allgemeinste bis jetzt in der Chemie entdeckte Gesetz ist, daß alle elementaren Körper in der Natur nur in festen oder bestimmten Proportionen, und nicht willkührlich, Verbindungen mit einander einzugehen fähig sind, so daß, wenn zwei beliebige Substanzen in der Absicht, sie mit einander zu verbinden, zusammengebracht werden, ihre Verbindung, wenn nicht ihre Gewichte in einem gewissen bestimmten Verhältniß stehen, nicht vollständig sein, sondern ein Theil der einen oder der anderen unverbunden zurückbleiben wird. Angenommen nun, wir hätten eine mit allen äußeren Merkmalen eines homogenen oder unvermischten Körpers versehene Substanz gefunden, in welcher wir jedoch durch die Analyse eine Zusammensetzung aus Schwefel und Blei in dem Verhältniß von 20 zu 130 Gewichtstheilen entdecken, und wir wollten wissen, ob sie eine Bestätigung des Gesetzes von den bestimmten Proportionen, oder eine Ausnahme davon darbiete: so reducirt die Frage sich darauf, ob das Verhältniß von 20 zu 130 diejenige feste und bestimmte Proportion (oder eine derselben, wenn ihrer mehrere möglich sind) ist, in welcher Schwefel und Blei nach dem fraglichen Gesetze sich verbinden. Dieß kann nun aber niemals durch eine bloße Betrachtung des Gesetzes in seiner ganzen Allgemeinheit entschieden werden. Es ist klar, daß das Gesetz, wenn es durch Restriction seiner Aussage auf Schwefel und Blei

specialisirt wird, angeben wird, welche die besonderen bestimmten Proportionen sind, in denen diese Körper sich verbinden können, das heißt, es müssen gewisse Data oder Zahlen da sein, durch welche sie sich von allen anderen Körpern in der Natur unterscheiden, und die bekannt sein müssen, ehe wir das allgemeine Gesetz auf den besonderen Fall anwenden können. Um solche Data zu bestimmen, muß die Beobachtung zu Rathe gezogen werden, und wenn wir auf die Beobachtung der Verbindung der beiden fraglichen Substanzen recurriren wollten, so würde ohne Zweifel Grund zu dem logischen Einwurf eines fehlerhaften Cirkels vorhanden sein. Aber das geschieht auch nicht; die Bestimmung dieser numerischen Data ist aus Versuchen abgeleitet worden, die absichtlich mit einer großen Menge verschiedener Verbindungen angestellt wurden, unter denen die hier betrachtete nicht nothwendig vorkommt; und da gefunden worden, daß diese alle, unabhängig von einander, darin übereinstimmen, daß sie dieselben Resultate geben, so werden sie mit Sicherheit als ein Theil des Systems angenommen. So erfordert also das Gesetz der bestimmten Proportionen in seiner Anwendung auf den wirklichen Zustand der Natur zwei getrennte Angaben, von denen die eine das allgemeine Gesetz der Verbindung aussagt, die andere die den verschiedenen Elementen, woraus die Naturkörper bestehen, zugehörigen Zahlen oder die Data der Natur specialisirt. Unter diesen Daten, wenn sie in ein Verzeichniß zusammengestellt werden, wird man neben dem Element Schwefel die Zahl 16, neben dem Blei 104 finden *), und da das Verhältniß von 20 zu 130 dem von 16 zu 104 völlig gleich ist, so zeigt sich, daß die in Frage stehende Verbindung eine befriedigende Bestätigung des Gesetzes gewährt.

*) Thomson's First Principles of Chemistry.

222) Die große Wichtigkeit physicalischer Data von dieser Art, und der Vortheil, sie wohl bestimmt zu haben, wird einleuchten, wenn wir bedenken, daß ein Verzeichniß derselben, wenn es mit dem allgemeinen Gesetze in Verbindung gebracht wird, das Mittel verschafft, sofort das genaue Verhältniß der Bestandtheile aller natürlichen Zusammensetzungen zu bestimmen, wenn wir nur die Stelle kennen, die sie im System einnehmen. In der Chemie beträgt die Zahl der angenommenen Elemente zwischen funfzig und sechzig, und es werden beständig, so wie die Wissenschaft fortschreitet, neue hinzugefügt. Sobald nun die irgend einer neuen dem Verzeichniß jener hinzugefügten Substanz entsprechende Zahl ermittelt ist, haben wir in der That alle Proportionen bestimmt, in denen sie mit allen übrigen in Verbindung treten kann, so daß ein sorgfältiger, zum Zweck der Bestimmung dieser Zahl unternommener Versuch wirklich den Werth von eben so vielen verschiedenen Versuchen hat, als es binäre, ternäre, oder noch complicirtere mögliche Verbindungen giebt, in welche die neue Substanz als Bestandtheil eingehen kann.

223) Die Wichtigkeit, genaue physicalische Data zu erhalten, kann kaum zu sehr hervorgehoben werden; denn ohne sie sind die vollendetsten Theorien wenig besser, als bloße unanwendbare Wortformen. Es würde von geringer Bedeutung sein, bloß in abstracter Weise belehrt zu werden, daß die Sonne und die Planeten sich gegenseitig mit Kräften anziehen, die ihren Massen direct und den Quadraten ihrer Entfernungen umgekehrt proportional sind; sobald wir aber die Data unsers Sonnensystems kennen, sobald wir eine genaue Angabe (gleichviel wie sie erhalten worden) der Entfernungen, Massen und wirklichen Bewegungen der verschiedenen Körper, aus denen es besteht, besitzen, sind wir auch im Stande, alle Bewegungen seiner

verschiedenen Theile und die Veränderungen, die in Tausenden von künftigen Jahren eintreten werden, vorherzusagen, und selbst unsern Blick rückwärts zu wenden, und aus der Vergangenheit Erscheinungen hervorzuziehen, die von keiner Beobachtung wahrgenommen und von keiner Geschichte verzeichnet worden sind, die doch aber möglicherweise von ihrer Existenz unvertilgbare Spuren in ihrem Einfluß auf den Naturzustand unseres eignen, wie der anderen Planeten hinterlassen haben können.

224) Der Beweis, daß unsere Data richtig festgestellt sind, ist in der allgemeinen Bestätigung der ganzen Theorie mit enthalten, von der sie, sobald sie einmal angenommen sind, einen Theil ausmachen; und dieselbe Vergleichung mit der Beobachtung, die uns in den Stand setzt, über die Wahrheit des abstracten Princips zu entscheiden, macht es uns auch zugleich möglich, zu ermitteln, ob wir die Werthe unserer Data in Uebereinstimmung mit dem wirklichen Zustande der Natur festgestellt haben. Ist das nicht geschehen, so wird die Frage wichtig, ob die angenommenen Werthe dahin verbessert werden können, daß die Resultate der Theorie mit den Thatsachen übereinstimmen? So geschieht es, daß, so wie die Theorien sich ihrer Vollendung nähern, eine immer genauere Bestimmung der Data erforderlich wird. Abweichungen von den Ergebnissen der Beobachtung, welche bei einer ersten oder annähernden Bestätigung als geringfügig unbeachtet bleiben können, werden wichtig, wenn ein hoher Grad von Genauigkeit erreicht worden ist. Ein Unterschied zwischen den berechneten und beobachteten Oertern eines Planeten, der von Kepler bei seiner Bestätigung des Gesetzes der elliptischen Bewegung nicht beobachtet worden sein würde, würde jetzt als der Gravitationstheorie ungünstig angesehen werden, wenn es nicht erwiesen werden könnte, daß er von einer fehlerhaften

Annahme eines der numerischen Daten unseres Systems herrühre.

225) Die zur leichten und genauen Bestimmung der physicalischen Daten geeignetsten Beobachtungen müssen daher nothwendig mit Genauigkeit und Ausdauer angestellt werden. Daher rührt es, daß ihre Ausführung in manchen Fällen eine nationale Angelegenheit wird, daß Observatorien erbaut und unterhalten, und Expeditionen nach entfernten Gegenden gesandt werden, mit einem Aufwande, der, bei einer oberflächlichen Ansicht der Sache, als sehr unverhältnißmäßig für ihren Gegenstand erscheinen könnte. Aber man kann mit sehr gutem Grunde fragen, warum die directe Unterstützung, welche die Regierungen bisher der Ausführung fortgesetzter Reihen von, zu diesem besonderen Zwecke geeigneten, Beobachtungen zugewandt haben, auch ferner, wie es bislang fast ausschließlich der Fall gewesen ist, auf die Astronomie beschränkt sein sollte?

226) Physicalische Data, die bestimmt sind, als Rechnungselemente in ausgedehnten Theorien gebraucht zu werden, müssen mit viel größerer Schärfe bekannt sein, als irgend eine einzelne Beobachtung gewährt, nicht nur wegen ihrer Würde und Wichtigkeit, insofern sie das Mittel darbieten, eine unbestimmte Menge von Thatsachen darzustellen; sondern auch weil, bei der Mannigfaltigkeit von Combinationen, welche entstehen, oder bei den Veränderungen, welche die Umstände erleiden können, Fälle vorkommen werden, wo irgend ein geringfügiger Fehler bei einem der Daten in dem Endresultate, mit der Erfahrung verglichen, in ungeheurer Vergrößerung auftreten würde. So kann, wenn bei einer Sonnenfinsterniß der Mond sehr schief vor die Sonnenscheibe tritt, ein geringer Fehler im Durchmesser der Sonne oder des Mondes einen großen in der Bestimmung des Anfangsmoments der Finsterniß hervorbrin-

gen. Es muß bemerkt werden, daß solche Conjuncturen vor allen anderen für Beobachtungen zur Bestimmung der Daten höchst vortheilhaft sind; denn nach derselben Regel, daß eine kleine Aenderung in den Daten in solchen Fällen eine große in dem zu beobachtenden Dinge hervorbringen muß, wird umgekehrt ein mäßiger Irrthum, der bei einer zur Ausmittelung ihres Werthes angestellten Beobachtung begangen wurde, nur einen sehr geringen in der Berechnung hervorbringen, vermittelst welcher die Data aus der Beobachtung abgeleitet werden müssen. Diese Bemerkung gilt für alle Arten physicalischer Data in allen Theilen der Wissenschaft, und darf nie übersehen werden, wenn es darauf ankommt, Data mit dem äußersten Grade von Genauigkeit zu bestimmen.

227) Wie aber, kann man fragen, sollen wir durch Beobachtung Data genauer, als die Beobachtung selbst ist, bestimmen? Wie können wir den Werth von etwas, das wir nicht sehen, mit größerer Zuverlässigkeit, als den Werth von Größen ermitteln, die wir wirklich sehen und messen? Es ist die Zahl der Beobachtungen, die angestellt werden können, um die Bestimmung von Daten darauf zu gründen, wodurch wir in den Stand gesetzt werden, dieß zu vollführen. Welchen Fehler wir auch in einer einzelnen Bestimmung begehen mögen, so ist es doch höchst unwahrscheinlich, daß wir immer in derselben Weise fehlen sollten, so daß wir, wenn wir einen Durchschnitt aus einer großen Zahl von Bestimmungen nehmen können, unfehlbar (wenn nicht etwa eine constante Ursache zu einer Abweichung nach der einen oder anderen Seite Veranlassung giebt) zuletzt eine sehr große Annäherung zur Wahrheit erhalten, und selbst beim Vorhandensein einer Abweichung ihr näher kommen müssen, als mit Grund von irgend einer einzelnen,

und merkwürdigen Zweige der mathematischen Untersuchung, zu der sogenannten Wahrscheinlichkeitsrechnung zu nehmen, deren Gegenstand (wie der Name es bezeichnet) ist, unsere Schätzung der Wahrscheinlichkeit irgend einer Folgerung auf den Calcul zu reduciren, wodurch wir in den Stand gesetzt werden, mehr als eine bloße Muthmaßung über den Grad von Vertrauen zu geben, den sie verdient.

230) Um eine allgemeine Idee von den Betrachtungen zu geben, die mit solchen Berechnungen verknüpft sind, wollen wir uns vorstellen, es schieße Jemand in zehn Yards Entfernung ein Pistol auf eine an einer Wand befestigte Oblate ab. Im Allgemeinen können wir nun zwar annehmen, daß er beim ersten Schuß wohl die Wand, aber nicht die Oblate treffen werde; wenn wir aber etwas wie eine wahrscheinliche Conjectur darüber bilden wollen, *wie nahe* er der letzteren kommen werde, so müssen wir zuerst eine Idee von seiner Geschicklichkeit haben. Es kann kein besseres Mittel, hierüber zu urtheilen, erdacht werden, als ihn ein Hundert Schüsse dahin abfeuern zu lassen, und anzumerken, wohin sie treffen. Angenommen, dieß sei geschehen, die Oblate sei ein oder zwei Mal getroffen worden, eine gewisse Zahl von Kugeln habe innerhalb eines Zolles, eine andere Zahl derselben zwischen einem und zwei Zollen Entfernung von ihr die Wand getroffen, und so fort, und eine oder zwei Kugeln seien einige Fuß weit von ihr entfernt geblieben. Nun entsteht die Frage, wie können wir hiernach eine Schätzung seiner Geschicklichkeit machen? Mit welcher Aussicht auf Erfolg können wir, nach dieser Erfahrung, wetten, daß er beim nächsten Schusse die Marke treffen werde? Dieses nach solchen Daten anzugeben, setzen uns die Wahrscheinlichkeitsgesetze in den Stand. Ferner wollen wir annehmen, daß die Oblate, ehe wir zur Messung der Entfernungen gelangten, fortgenommen werde,

und daß wir aufgefordert würden, bloß nach dem Augenschein der getroffenen Stellen an der Wand anzugeben, wo sie befestigt gewesen sei. Es ist klar, daß kein Raisonnement irgend jemand in den Stand setzen würde, dieses mit Gewißheit zu ermitteln; aber es giebt gewiß eine Stelle, die wir mit größerem Rechte, als die übrigen, als die richtige bezeichnen können. Dieß ist nun ein Fall, welcher dem eines Beobachters, eines Astronomen z. B., sehr ähnlich ist, welcher den Ort des Himmelskörpers für einen gewissen Zeitmoment genau zu bestimmen beabsichtigt. Er richtet sein Teleskop nach demselben, und erhält eine Reihe von Resultaten, die zwar unter einander nicht genau, wohl aber innerhalb gewisser Grenzen übereinstimmen, und von denen verhältnißmäßig nur wenige bedeutend von dem Mittel aller abweichen. Nach allen diesen Beobachtungsresultaten hat er dann definitiv anzugeben, welcher Punct als der wahrscheinlichste Ort des Sterns in dem bestimmten Zeitmoment zu betrachten sei. Eben so verhält es sich mit der Berechnung physikalischer Data. Wo nicht zwei Resultate genau übereinstimmen, alle aber sich innerhalb gewisser, engerer oder weiterer Grenzen befinden, wie haben wir uns da zu benehmen, wenn wir ermitteln wollen, was aus ihnen zu folgern ist? Es ist einleuchtend, daß jedes Rechnungssystem gültig sein muß, von welchem gezeigt werden kann, daß es nothwendig zu der wahrscheinlichsten Folgerung führe, da wo keine Gewißheit zu erlangen ist. Da jedoch diese Lehre eine der schwierigsten und ausgebildetsten unter den Anwendungen der Mathematik auf die Naturwissenschaft ist, so muß diese kurze Erwähnung derselben hier genügen.

231) In den vorigen Blättern haben wir uns bemüht, den Geist der Methoden zu erklären, welchen die Naturwissenschaft seit dem Wiederaufleben der Philosophie die

großen und glänzenden Fortschritte, die sie gemacht hat, verdankt. Was wir dem jungen Naturforscher überall auf das tiefste einzuprägen gewünscht haben, ist, daß alle Theile der Naturwissenschaft, in welchen allen ein Geist herrscht und eine Methode der Erforschung ihre Anwendung findet, wesentlich mit einander verbunden sind. Sie kann jedoch nicht als ein Ganzes, ohne eine Trennung in Abtheilungen, studirt werden, und deshalb wollen wir in dem noch übrigen Theile dieser Schrift eine summarische Uebersicht der Fortschritte geben, die in den verschiedenen Zweigen, in welche sie am vortheilhaftesten abgetheilt werden kann, gemacht worden sind, und uns bemühen, eine allgemeine Idee von der Beschaffenheit eines jeden und von seinen Beziehungen zu den übrigen zu geben. Dabei werden wir häufig Gelegenheit haben, den Einfluß jener allgemeinen Principien, die wir im Vorigen zu erläutern gesucht haben, auf das Fortschreiten der Entdeckungen nachzuweisen. Wir werden dieses jedoch nur thun, wie sich Gelegenheit dazu darbietet, ohne deshalb irgend in eine regelmäßige Analyse der Geschichte jeder Abtheilung einzugehen. Eine solche Analyse würde zwar ein höchst nützliches und werthvolles Werk sein, aber die Grenzen dieser Schrift weit überschreiten. Wir sind indeß nicht ohne Hoffnung, daß dieses große Bedürfniß der Wissenschaft in Kurzem von einer Seite her, welche die größte Anerkennung verdient, Befriedigung erhalten werde.

Dritter Theil.

Von der Unterabtheilung der Physik in bestimmte Zweige und deren gegenseitigen Beziehungen.

Erstes Capitel.

Von den Phänomenen der Kraft und der Beschaffenheit der Naturkörper.

232) Die Naturgeschichte kann aus zwei verschiedenen Gesichtspuncten betrachtet werden, entweder 1) als eine von der Natur dargebotene Sammlung von Thatsachen und Objecten, durch deren Untersuchung, Analyse und Combination wir eine Kenntniß sowohl von der Ordnung der Natur, als von den Agentien, die sie zur Erreichung ihrer Zwecke anwendet, so weit sie uns irgend erreichbar ist, erlangen, und von denen daher alle Wissenschaften ausgehen; oder 2) als eine Sammlung von Phänomenen, die zu erklären, von Wirkungen, deren Ursachen zu ermitteln sind, und von Stoffen, die uns, zur Anwendung unserer Principien

auf nützliche Zwecke, zu Handen gestellt sind. Die Naturgeschichte ist daher, je nachdem sie aus dem einen oder anderen dieser Gesichtspuncte betrachtet wird, entweder der Anfang oder das Ende der physicalischen Wissenschaft. Da sie uns in einer verwickelten und ungeordneten Masse die Elemente unseres ganzen Wissens darbietet, so ist unser Geschäft, diese zu entwirren, zu ordnen und in einem unterschiedenen und gesonderten Zustande darzustellen; und zu diesem Zwecke werden wir zur Lösung des wichtigen, aber verwickelten Problems aufgefordert: — für eine gegebene Wirkung oder Vereinigung von Wirkungen die Ursachen aufzufinden. Die Principien, auf welche diese Untersuchung sich stützt, sind diejenigen, welche die Beziehung zwischen Ursache und Wirkung, wie sie für unsern Geist besteht, feststellen; und wir haben ihre Regeln und ihre Anwendungsweise im Vorhergehenden (wenn gleich weit weniger im Detail, als das innere Interesse des Gegenstandes, sowohl in logischer, als practischer Hinsicht erfordern würde) auseinander zu setzen versucht. Es bleibt nun noch übrig, die Resultate der allgemeinen Naturforschung, in so weit sie bis zur Entdeckung der natürlichen Agentien und deren Wirkungsweise fortgeführt worden ist, in einer summarischen Angabe zusammenzustellen.

233) Das erste große Agens, welches die Analyse der Naturerscheinungen unserer Betrachtung häufiger und hervortretender, als irgend ein anderes darbietet, ist Kraft. Ihre Wirkungen sind, entweder 1) der Aeußerung einer entgegengesetzten Kraft entgegen zu wirken, und dadurch ein Gleichgewicht zu unterhalten, oder 2) eine Bewegung in der Materie hervorzubringen.

234) Die Materie, oder dasjenige, was es auch immer sei, woraus alle Gegenstände in der Natur, die sich direct unseren Sinnen offenbaren, bestehen, stellt sich uns

mit zwei allgemeinen Eigenschaften dar, die beim ersten Blick mit einander in Widerspruch zu stehen scheinen — Thätigkeit und Trägheit. Ihre Thätigkeit erweist sich durch ihr Vermögen, andere Materie von selbst in Bewegung zu setzen, und selbst deren wechselseitigem Antriebe zu gehorchen, und unter dem Einflusse eigener und fremder Kraft sich zu bewegen; ihre Trägheit durch ihre Verweigerung einer Bewegung, wenn sie nicht durch eine von außen einwirkende, oder durch eine wechselseitig zwischen ihr und anderer Materie, geäußerte, Kraft dazu gezwungen wird, und durch ihr Beharren in ihrem Zustande von Bewegung oder von Ruhe, wenn sie nicht durch eine äußere Ursache darin gestört wird. In der That ist dieser Widerspruch aber nur scheinbar; da Kraft die Ursache, und Bewegung die durch sie auf die Materie hervorgebrachte Wirkung ist, so heißt, die Materie träg nennen oder ihr Trägheit beilegen, nur soviel, als aussagen, daß die Ursache zur Hervorbringung ihrer Wirkung verwandt wird, und daß dieselbe Ursache (ohne Erneuerung) nicht das Doppelte oder Dreifache ihrer eigenen Wirkung hervorbringen kann. Aus diesem Gesichtspuncte betrachtet, kann man sich das Gleichgewicht als eine fortgesetzte Erzeugung zweier entgegengesetzter Wirkungen vorstellen, von denen die eine in jedem Augenblick vernichtet, was die andere bewirkt.

235) Sollte dieses aber auch zu metaphysisch erscheinen, so giebt doch auf jeden Fall dieser Wirkungsunterschied zweien großen Abtheilungen der Wissenschaft der Kraft, welche unter den Namen Statik und Dynamik bekannt sind, ihre Entstehung; indem der letztere Ausdruck, der an sich allgemein ist, und früher auch von Uns in seinem allgemeinen Sinne gebraucht wurde, auf die Lehre von der Bewegung, als durch Kraft hervorgebracht und abgeändert, beschränkt zu werden pflegt. Jede dieser großen Abtheilun-

gen verzweigt sich wieder in verschiedene Unterabtheilungen, da wir das Gleichgewicht und die Bewegung der Materie in den drei verschiedenen Zuständen, worin sie uns von der Natur dargeboten wird, dem festen, flüssigen und luftförmigen, zu betrachten haben, zu denen vielleicht noch der klebrige, als zwischen dem festen und flüssigen Zustande in der Mitte stehend, hinzugefügt werden muß, dessen Betrachtung, wenn gleich sehr dunkel und schwierig, in vielfacher Beziehung von hohem Interesse ist.

236) Die Principien der statischen, wie der dynamischen Abtheilung der Mechanik sind von Newton auf eine Grundlage gesunder Induction definitiv festgestellt worden; und da sie vollkommen allgemein sind, und auf jeden Fall Anwendung finden, so sind sie, wie wir im Vorigen bereits bemerkt haben, zur Lösung jedes Problems geeignet, welches bei dem deductiven Verfahren vorkommen kann, wodurch Phänomene zu erklären, oder Wirkungen zu berechnen sind. Daher umfassen sie jede Frage, die hinsichtlich der Bewegung und Ruhe sowohl der kleinsten Theile der Materie, als der größten Massen entstehen kann. Aber die Art des Raisonnements nach diesen Principien unterscheidet sich wesentlich, je nachdem wir es auf materielle Massen von merklicher Größe, oder auf jene ausnehmend kleinen und vielleicht untheilbaren Molecüle, aus welchen jene Massen zusammengesetzt sind, anwenden. Die auf die letzteren sich beziehenden Untersuchungen sind äußerst verwickelt, da sie nothwendig die Betrachtung der Hypothesen einschließen, die wir uns über die innere Constitution der verschiedenen oben aufgezählten Arten von Körpern bilden können.

237) Dagegen können glücklicherweise die Untersuchungen über das Gleichgewicht und die Bewegungen der materiellen Massen von merklicher Größe so geführt werden,

daß die Annahme irgend einer besonderen Hypothese über ihre Structur unnöthig wird. So betrachten wir, beim Raisonnement über die Anbringung von Kräften an einen festen Körper, seine Theile als unauflöslich und unveränderlich mit einander verbunden; es ist gleichgültig, durch welches Verbindungsmittel sie es sind, wenn nur die Bedingung erfüllt wird, daß kein Punct desselben bewegt werden kann, ohne alle übrigen in Bewegung zu setzen, so daß die relative Lage der Theile gegen einander keine Veränderung erleidet. Dieß ist der abstracte Begriff eines festen Körpers, welchen der Mechaniker bei seinem Raisonnement gebraucht. Die daraus hervorgehenden Folgerungen werden offenbar nur für solche Naturkörper gelten, die mit einer solchen Definition übereinstimmen. Streng genommen giebt es aber keine Körper, die damit vollkommen übereinstimmten. Es ist keine Substanz bekannt, deren Theile durchaus unfähig wären, einander nachzugeben; aber der Betrag dieses Nachgebens ist so ausnehmend klein, daß er erweislich in den meisten Fällen unfähig ist, auf die Resultate irgend einen Einfluß auszuüben; und in den Fällen, wo ein solcher Einfluß statt findet, kann seine Größe immer einer speciellen Untersuchung unterworfen werden. Dieß giebt Veranlassung zu zwei Unterabtheilungen hinsichtlich der Anwendung des Raisonnements der Mechanik auf feste Körper, von denen die eine die Wirkung von Kräften auf biegsame oder elastische, die andere auf unbiegsame oder unelastische Körper umfaßt, wobei unter letzteren alle die Körper zu verstehen sind, deren Widerstand gegen Biegung oder Bruch so sehr groß ist, daß wir auf sie die Sprache und die Vorstellungen von einem äußersten Falle, ohne wesentliche Irrthümer befürchten zu müssen, anwenden dürfen.

238) In gleicher Weise haben wir, wenn wir über

die Wirkung von Kräften auf eine flüssige Masse raisonniren, nichts weiter anzunehmen Veranlassung, als daß ihre Theile unter einander frei beweglich seien. Wenn wir daneben noch eine Flüssigkeit als incompressibel anzunehmen uns bewogen finden, und aus dieser Voraussetzung Folgerungen ableiten, so werden diese nur in so fern, als dergleichen Flüssigkeiten sich in der Natur finden, Gültigkeit haben. Nun giebt es aber, streng genommen, solche Flüssigkeiten nicht; practisch gesprochen ist jedoch in den zahlreicheren Fällen ihr Widerstand gegen eine Zusammendrückung so groß, daß das Resultat des auf obiger Voraussetzung beruhenden Raisonnements nicht merklich fehlerhaft wird; und in den übrigbleibenden Fällen setzen dieselben allgemeinen Principien uns in den Stand, in eine specielle Untersuchung über diesen Punct einzugehen. Daher die Eintheilung der Flüssigkeiten in compressible und incompressible in der Sprache der Mechanik, von denen die letzteren nur die äußersten oder die Grenzfälle der ersteren sind.

239) Da wir hier jedoch nur die wirkliche Beschaffenheit der Natur zu betrachten beabsichtigen, so werden wir alle Körper als mehr oder weniger biegsam oder nachgiebig, wie sie es wirklich sind, ansehen. Wir wissen gewiß, daß der Raum, welchen ein materieller Körper einzunehmen scheint, nicht ganz von ihm erfüllt wird, weil es keinen giebt, der nicht durch Anwendung einer hinreichenden Kraft zusammengedrückt oder in einen kleineren Raum gepreßt werden könnte, und der nicht entweder vollständig, wie Luft und Flüssigkeiten, oder zum Theil, wie die größere Zahl der festen Körper, die früheren Dimensionen wieder annähme, wenn die Kraft zu wirken aufhört. Bei der Luft kann die Verdichtung bis zu beinahe jeder Stärke getrieben werden, und eine so verdichtete Luftmasse nimmt nicht nur nach Entfernung des Drucks genau ihr

urſprüngliches Volumen wieder ein, ſondern erleidet, wenn der gewöhnliche Druck, unter welchem ſie ſich an der Erdoberfläche befindet (eine Folge des Gewichts der Atmoſphäre), auch noch durch eine Luftpumpe fortgenommen wird, eine fernere Verdünnung, die, ſoweit wir es bisher durch Verſuche zu ermitteln vermocht haben, ohne Grenzen iſt. Dadurch werden wir zu dem Schluſſe geleitet, daß die Lufttheilchen wechſelſeitig elaſtiſch ſind, und ein Beſtreben haben, ſich von einander zu entfernen, welchem nur durch Kraft entgegengewirkt werden kann, und welches daher ſelbſt eine Kraft von der abſtoßenden Art iſt. Deſſenungeachtet hat es, da die Luft ſchwer und die Gravitation eine allgemeine Eigenſchaft der Materie iſt, keinen Zweifel, daß dieſes repulſive Streben eine Grenze hat, und daß es für die Lufttheilchen einen Abſtand giebt, bei welchem, wenn ſie ſo weit von einander entfernt werden könnten, ihre gegenſeitige Abſtoßung aufhören und eine Anziehung unter ihnen beginnen würde. Dieſe Grenze findet ſich wahrſcheinlich in einer ſehr beträchtlichen Höhe über der Erdoberfläche, über welche hinaus ſich folglich die Atmoſphäre nicht erſtrecken kann.

240) Was wir indeſſen durch dieſes oder ein ähnliches Raiſonnement hinſichtlich der Luft nur ſchließen können, ſehen wir bei den tropfbaren Flüſſigkeiten beſtimmt. Sie alle ſind auch, wenngleich nur in geringem Grade, compreſſibel und nehmen, wenn die ſie comprimirende Kraft zu wirken aufhört, völlig ihre vorigen Dimenſionen wieder ein; aber ſie können durch mechaniſche Mittel nicht verdünnt werden, und haben, ſo lange ſie tropfbar bleiben, kein Beſtreben, ſich über eine gewiſſe Grenze hinaus zu erweitern. Daher nehmen ſie, wenn ſie ſich in Ruhe befinden, eine beſtimmte Oberfläche an; und ihre Theile widerſtehen wirklich einer weiteren Trennung, und bringen

so das Phänomen der Cohäsion der Flüssigkeiten hervor.

241) Sowohl in den luftförmigen, als in den tropfbaren Flüssigkeiten besteht jedoch die vollkommenste Freiheit der Bewegung der Theile unter einander, was kaum der Fall sein könnte, wenn sie nicht von einander getrennt und unabhängig wären. Und hieraus hat man, in Verbindung mit den vorhergehenden Betrachtungen, geschlossen, daß sie sich nicht wirklich berühren, sondern durch die beständige Wirkung der Attractions- und Repulsionskraft in bestimmten Entfernungen von einander gehalten werden, welche beiden Kräfte sich, wie man voraussetzt, bei dem gewöhnlichen Abstande der Theilchen das Gleichgewicht halten, von denen aber die eine oder die andere ein Uebergewicht bekommt, je nachdem jene mit Gewalt zusammengedrängt oder aus einander gezogen werden.

242) Bei den festen Körpern dagegen verhält es sich ganz anders. Die gegenseitige freie Bewegung ihrer Theile unter sich ist gewaltsam verhindert, und bei einigen beinahe zerstört. Bei einigen kann eine langsame und allmählige Aenderung der Gestalt von großem Umfange durch Druck oder durch Schläge hervorgebracht werden, wie z. B. bei den Metallen, dem Thon, der Butter ꝛc.; bei anderen ist ein Zerbrechen die Folge eines jeden gewaltsamen Versuchs, ihre Gestalt über eine gewisse sehr enge Grenze hinaus zu verändern. Es ist daher einleuchtend, daß bei den festen Körpern die Betrachtung ihrer inneren Structur einen sehr großen Einfluß dadurch ausübt, daß sie die allgemeinen Resultate der Wirkung solcher anziehenden und abstoßenden Kräfte, wie sie zur Erklärung der von ihnen dargebotenen Erscheinungen angenommen werden können, modificirt. Die allgemeine Thatsache jedoch, daß ihre Theile mit einer gewissen Kraft cohäriren, und daß sie

einer Verrückung oder einem Eindringen anderer Körper widerstehen, ist hinreichend, wenigstens die Existenz solcher Kräfte zu beweisen, wie sehr auch die Art ihrer Wirksamkeit im Dunkeln liegen mag.

243) Diese Eintheilung der Körper in luftförmige, tropfbarflüssige und feste giebt drei verschiedenen Zweigen der mechanischen Wissenschaft ihre Entstehung, in deren jedem die allgemeinen Principien des Gleichgewichts und der Bewegung ihre eigenthümliche Art der Anwendung haben, nämlich der Pneumatik, der Hydrostatik und der (füglich so zu nennenden) Stereostatik.

Pneumatik.

244) Die Pneumatik umfaßt das Gleichgewicht und die Bewegung der luftförmigen Flüssigkeiten unter allen Umständen des Drucks, der Dichtigkeit und der Elasticität. Das Gewicht der Atmosphäre, und ihr Druck auf alle Körper auf der Erdoberfläche waren den Alten gänzlich unbekannt, und wurden zuerst gelegentlich von Galilei bei einer Saugpumpe wahrgenommen, vermittelst welcher Wasser nicht über eine gewisse Höhe hinaus angezogen werden konnte. Vor seiner Zeit hatte man immer vorausgesetzt, daß das Aufsteigen des Wassers in einer Röhre beim Saugen vermöge eines Abscheues der Natur vor einem leeren Raume erfolge, welcher das Wasser zwinge, zum Ersatz der ausgesogenen Luft in die Röhre einzudringen. Wenn aber überhaupt ein solcher Abscheu existirte, und die Kraft einer wirkenden Ursache hätte, welche Wasser nur einen einzigen Fuß hoch in eine Röhre zu treiben vermöchte, so wäre kein Grund vorhanden, warum dasselbe Princip es nicht auch um zwei, drei oder um jede andere Zahl von Fußen in die Höhe treiben sollte; keiner, warum

das Waſſer plötzlich bei einer gewiſſen Höhe ſtehen bleiben und, wie ſtark auch das Saugen ſein möchte, höher anzuſteigen verweigern, ja ſogar zurückſinken ſollte, wenn es abſichtlich zu hoch hinauf getrieben worden wäre.

245) Galilei begnügte ſich jedoch zuerſt mit dem Schluſſe, daß der natürliche Abſcheu vor dem leeren Raume nicht ſtark genug ſei, das Waſſer in einer Höhe von mehr als ungefähr zwei und dreißig Fußen über ſeinem Niveau zu erhalten; und obgleich er die wahre Urſache der Erſcheinung zuletzt in dem Drucke der Luft auf die allgemeine Oberfläche erkannte, ſo war ſie doch nicht befriedigend erwieſen, bis endlich ſein Zögling Torricelli den glücklichen Gedanken faßte, einen Verſuch in einem kleinen Maaßſtabe durch den Gebrauch einer viel ſchwereren Flüſſigkeit, als das Waſſer, des Queckſilbers nämlich, anzuſtellen, und, anſtatt die Luft von oben auszuſaugen, die viel wirkſamere Methode anzuwenden, eine lange oben geſchloſſene Glasröhre mit Queckſilber zu füllen, und ſie dann umgekehrt in ein mit demſelben Metalle angefülltes Gefäß zu ſtellen. Man erkannte nun ſogleich, wie durch ein blendendes Beiſpiel, daß der Stand des Queckſilbers in der Röhre (welche nichts anderes, als das gewöhnliche Barometer iſt) die Wirkung einer vollkommen beſtimmten äußeren Urſache war; und die Schwankungen deſſelben von einem Tage zum andern, nach dem wechſelnden Zuſtande der Atmoſphäre, verſtärkte bedeutend die Vorſtellung, daß derſelbe dem Drucke der äußeren Luft auf die Oberfläche des Queckſilbers im Gefäße ſeine Entſtehung verdanke.

246) Torricelli's Entdeckung wurde jedoch anfänglich viel mißverſtanden und ſogar beſtritten, bis die Frage endlich durch eine Berufung auf ein durchkreuzendes Beiſpiel, eines der erſten, wenn nicht gar das erſte im Archive der Phyſik, entſchieden wurde, welches wir dem berühmten Pas-

tal verdanken. Sein Scharfsinn bemerkte, daß, wenn das Gewicht der aufliegenden Luft die directe Ursache der Erhebung des Queckſilbers in der Glasröhre wäre, daſſelbe durch die Größe dieſer Erhebung gemeſſen werden müſſe, und daß demnach, wenn ein Barometer auf einen hohen Berg getragen werde, und dadurch in der Atmoſphäre zu einer Erhebung über einen großen Theil der aufliegenden Luft anſteige, ſowohl der Druck derſelben, als die Länge der von ihr getragenen Queckſilberſäule abnehmen müſſe, während umgekehrt, wenn das Phänomen der zuerſt angenommenen Urſache beizumeſſen wäre, kein Unterſchied zu erwarten ſei, die Beobachtung möge auf einem Berge oder in der Ebene gemacht werden. Vielleicht wirkte der entſcheidende Erfolg des Verſuches, deſſen Anſtellung zu dieſem Zwecke auf dem Puy de Dôme, einem hohen Berge in der Auvergne, er veranlaßte, während er Jeden von der Richtigkeit der Anſichten Torricelli's überzeugte, mehr als alles vorher in der Wiſſenſchaft Geſchehene zur Befeſtigung jener Hinneigung zu experimenteller Beſtätigung in den Gemüthern der Menſchen, welche kaum erſt feſten Fuß gewonnen hatte.

2.7) Unmittelbar auf dieſe Entdeckung folgte die der Luftpumpe von Otto von Guericke in Magdeburg, deſſen Abſicht geweſen zu ſein ſcheint, die Frage, ob ein Vacuum beſtehen könne oder nicht, durch die Bemühung ein ſolches herzuſtellen, zu entſcheiden. Bei der Unvollkommenheit ſeines Mechanismus vermochte er den Luftinhalt ſeiner Recipienten nur zu verringern, nicht gänzlich zu entfernen; aber die ſelbſt durch eine partielle Ausziehung der Luft hervorgebrachten ſonderbaren Wirkungen erregten ſchnell die Aufmerkſamkeit, und veranlaßten den berühmten Engländer Robert Boyle, dieſe Verſuche weiter zu verfolgen, welche dann unter ſeinen und Hauksbee's, Hooke's, Mariotte's

und Anderer Händen zu einer befriedigenden Kenntniß des allgemeinen Gesetzes des Gleichgewichts der Luft unter dem Einfluß eines größeren oder geringeren Drucks führten. Diese Entdeckungen sind seitdem auf alle die verschiedenen Arten luftförmiger Flüssigkeiten ausgedehnt worden, deren Existenz und deren Beharrung in einem luftförmigen Zustande unter künstlichem Druck von der Chemie nachgewiesen worden ist, ja selbst auf diejenigen, welche durch Verdampfung tropfbarer Flüssigkeiten, vermittelst der Einwirkung von Wärme auf diese, hervorgebracht werden, so lange sie sich in diesem Zustande befinden.

248) Die Art und Weise, wie das beobachtete Gleichgewichtsgesetz einer elastischen Flüssigkeit, wie der Luft, als aus der gegenseitigen Abstoßung ihrer Theilchen entspringend angesehen werden könne, hat Newton zu erforschen gesucht, und der wirkliche, von Mariotte gegebene Ausdruck des Gesetzes selbst, »daß die Dichtigkeit der Luft oder die von ihr in einem gegebenen Raume enthaltener Menge, unter gleichen Umständen, dem auf ihr lastenden Druck proportional ist,« ist neuerlich innerhalb sehr ausgedehnter Grenzen durch directe Versuche von einer Commission der Königlichen Academie zu Paris bestätigt worden. Dieses Gesetz enthält das Princip zur Lösung aller dynamischen Fragen, welche in Bezug auf das Gleichgewicht luftförmiger Flüssigkeiten vorkommen können, und muß deshalb als eines der höchsten Axiome in der Wissenschaft der Pneumatik angesehen werden.

Hydrostatik.

249) Die Principien des Gleichgewichts tropfbarer Flüssigkeiten, das heißt solcher, welche, obgleich unbeschränkt, nicht das Bestreben haben, sich über einen gewis-

sen Punct hinaus auszudehnen, sind zugleich wenig zahlreich und einfach. Der erste Schritt zu ihrer Erkenntniß wurde von Archimedes gethan, welcher die allgemeine Thatsache feststellte, daß ein in eine Flüssigkeit gesenkter fester Körper einen Theil seines Gewichts verliert, welcher dem Gewichte der durch ihn verdrängten Flüssigkeit gleich ist. Es erscheint hiernach wunderbar, daß er nicht zugleich geschlossen haben sollte, daß das so als verloren bezeichnete Gewicht dieses nur in Folge der Gegenwirkung, welche es durch den aufwärtstreibenden Druck der Flüssigkeit erleidet, zu sein scheint, und daß daher ein Theil einer Flüssigkeit, der nach allen Seiten von einer Flüssigkeit derselben Art umgeben ist, durch Einnahme seiner Stelle wirklich sein Gewicht äußert. Indessen behauptete das Vorurtheil, daß »Flüssigkeiten an ihrer natürlichen Stelle nicht gravitiren«, seine Gewalt, und wurde erst mit der Masse von Irrthum und Ungereimtheit zerstreut, welche durch Galilei's Einführung einer rationellen und experimentellen Naturforschung aus dem Wege geräumt wurde.

250) Das hydrostatische Gesetz der Gleichheit des Drucks der Flüssigkeiten nach allen Richtungen, mit seinem Gefolge von merkwürdigen und wichtigen Consequenzen, ist eine unmittelbare Folgerung aus der vollkommenen Beweglichkeit ihrer Theile unter einander, zu welcher zu Folge jeder derselben einem Uebermaaß von Druck auf einer Seite auszuweichen strebt, und so auf die übrigen drückt, und den Druck unter seine Nachbaren vertheilt. In dieser Form wurde es von Newton aufgestellt, und hat sich als eines der nützlichsten und fruchtbarsten Principien des physico-mathematischen Raisonnements über das Gleichgewicht flüssiger Massen bewährt, da es ein Mittel zur Verfolgung der Wirkung einer an irgend einen Punct einer Flüssigkeit angebrachten Kraft durch ihre ganze Ausdehnung

hindurch darbietet. Es ist zugleich ohne irgend eine Abänderung sowohl auf luftförmige, als auf tropfbare Flüssigkeiten anwendbar, und setzt uns bei den Anwendungen der Geometrie auf diesen Gegenstand in den Stand, uns der schwierigen Untersuchungen über die Art, wie individuelle Theilchen auf einander wirken, zu überheben.

251). Aus einem practischen Gesichtspuncte betrachtet ist dieses Gesetz merkwürdig wegen der Directheit seiner Anwendung zu nützlichen Zwecken. Die unmittelbare und vollkommen gleiche Vertheilung eines auf einen noch so kleinen Theil einer flüssigen Oberfläche wirkenden Drucks durch die ganze Masse hindurch, setzt uns in den Stand, in einem Augenblick denselben Druck jeder beliebigen Zahl solcher Theile bloß durch eine Vergrößerung der Oberfläche der Flüssigkeit, wie sie durch eine Erweiterung des sie enthaltenden Gefäßes bewirkt werden kann, mitzutheilen; und wenn das Gefäß so eingerichtet ist, daß ein großes Stück von ihrer Oberfläche gleichzeitig verschiebbar ist, so werden die Drucke auf alle ähnlichen Theile dieses Stückes sich zu einer zusammenstimmenden Kraft vereinigen, welche so bis zu jeder beliebigen Stärke vergrößert werden kann. Auf diesem Principe beruht die von Bramah erfundene (oder vielmehr nach einem viel älteren Erfinder, Stevin, von ihm angewandte) hydraulische Presse. Eine geringe Menge Wasser wird durch einen hinreichenden Druck in ein damit bereits angefülltes Gefäß getrieben, welches eine bewegliche Oberfläche oder einen Kolben von großem Umfange enthält. Unter solchen Umständen muß etwas weichen; wegen der großen Oberfläche des Kolbens häuft sich der Druck auf denselben in solchem Grade, daß nichts seiner Gewalt widerstehen kann. So werden Bäume bei den Wurzeln ausgerissen, Pfähle aus der Erde gezogen, wollene und baumwollene Waaren in höchst tragbare Dimen-

sionen zusammengepreßt, und sogar Heu für den Militärdienst in einen so kleinen Raum gepreßt, daß es beim Schiffstransport leicht verpackt werden kann.

252) Die tropfbaren Flüssigkeiten unterscheiden sich von den luftförmigen durch ihre Cohäsion, die als eine Art von Annäherung zum festen Zustande betrachtet werden kann, und von Bacon so angesehen wurde (193.). In der That kann man nicht zweifeln, daß der feste, der flüssige und der luftförmige Zustand der Körper nur Stationen in dem Fortgange einer allmähligen Abstufung von einem Extrem zum andern sind, und daß sie, wie stark auch die Unterscheidungen zwischen ihnen bezeichnet zu sein scheinen mögen, am Ende doch nicht durch eine scharfe Grenzlinie von einander gesondert sind, sondern durch allmählige Abstufungen in einander übergehen. Die neueren Versuche von Cagnard de la Tour können als der erste Schritt zum vollständigen Beweise davon angesehen werden (199.). Aber die Cohäsion tropfbarer Flüssigkeiten wird nicht, wie die der festen Körper, durch ihre Structur in anderer Hinsicht so modificirt, daß dadurch die Beweglichkeit ihrer Theile unter einander vernichtet würde (außer in jenen Fällen einer größeren Annäherung zum festen Zustande, wie sie bei klebrigen oder gummiartigen Flüssigkeiten sich findet). Umgekehrt coexistiren beide Eigenschaften, und geben einer Menge seltsamer und verwickelter Erscheinungen ihre Entstehung.

253) Eine der merkwürdigsten derselben ist die Capillarattraction, oder die Capillarität, wie sie auch zuweilen genannt wird. Jeder kennt die Adhäsion des Wassers an Glas. Die Erhebung der allgemeinen Oberfläche der Flüssigkeit da wo sie mit dem sie umschließenden Gefäße in Berührung ist, die Gestalt eines an der Unterseite eines festen Körpers hängenden Tropfens sind Beispiele der capillaren

Attraction. Wenn eine dünne Glasröhre mit einem inneren Durchmesser von der Dicke eines Haares in Wasser eingetaucht wird, so wird man das Wasser bis zu einer gewissen Höhe darin aufsteigen und an seinem oberen Ende eine concave Oberfläche annehmen sehen. Die Anziehung des Glases zum Wasser und die Cohäsion der Wassertheilchen zu einander sind unbezweifelt die vereinten Ursachen dieser sonderbaren Wirkung; aber die Wirkungsweise derselben ist zugleich dunkel und verwickelt, und obgleich die Untersuchungen von Laplace und Young viel Licht darüber verbreitet haben, so scheint doch noch eine weitere Nachforschung nothwendig zu sein, ehe wir sagen können, daß wir sie mit Bestimmtheit begreifen.

254) So wie die Capillarität und die Cohäsion der Theile der Flüssigkeiten zeigen, daß diese eine gegenseitige Anziehungskraft besitzen, so beweist ihre Elasticität, daß sie auch eine Abstoßungskraft äußern, wenn sie mehr, als in ihrer natürlichen Lage einander genähert werden. Aus der äußerst geringen Größe, bis zu welcher die Compression der Flüssigkeiten, im Vergleich mit der der Luft, durch jede Kraft, die wir anwenden können, getrieben werden kann, müssen wir schließen, daß diese Abstoßungskraft bei den ersteren ungleich heftiger, als bei der letzteren ist, daß aber zugleich eine viel stärkere Anziehungskraft ihr entgegenwirkt. In der That ist der Widerstand der Flüssigkeiten gegen Compression so viel stärker, daß sie vormals für incompressibel gehalten wurden, eine Meinung, welche durch einen zu Florenz ausgeführten berühmten Versuch bestärkt wurde, wobei angeblich Wasser durch die Poren einer goldenen Kugel getrieben worden. Durch neuere Versuche von Canton, und seitdem von Perkins, Oersted und Anderen ist jedoch das Gegentheil bewiesen, und die Größe der Zusammendrückung ermittelt worden.

255) Die Betrachtung der Bewegungen der Flüssigkeiten, der tropfbaren wie der luftförmigen, ist unendlich verwickelter, als die ihres Gleichgewichts. Wenn ihre Bewegungen langsam sind, so muß man vernünftigerweise voraussetzen, daß das Gesetz der gleichförmigen Vertheilung des Drucks befolgt werde; aber bei sehr raschen Ortsveränderungen ihrer Theile unter einander sieht man nicht leicht, wie eine solche gleichförmige Vertheilung bestehen könne, und es giebt einige Erscheinungen, welche ein entgegengesetztes Verhalten anzudeuten scheinen.

256) Unabhängig hiervon setzen sich der regelmäßigen deductiven Anwendung der allgemeinen Principien der Mechanik auf diesen Gegenstand Schwierigkeiten von beinahe unübersteiglicher Größe entgegen, welche aus der ausnehmenden Verwickelung der rein mathematischen Untersuchungen entspringen, zu denen jene führt. Es war Newton, welcher den ersten Versuch machte, Folgerungen über die Bewegung flüssiger Massen durch directes Raisonnement aus dynamischen Principien abzuleiten, und dadurch den Grund zur Hydrodynamik legte; aber bis zu d'Alemberts Zeit konnte man nicht sagen, daß die Methode, jede die Bewegungen der Flüssigkeiten unter der Einwirkung von Kräften betreffende Frage auf eine streng mathematische Untersuchung zurückzuführen, vollständig verstanden worden wäre. Und noch jetzt sind der Fälle, in denen diese Art der Behandlung solcher Fragen mit voller Befriedigung angewandt werden kann, wenige im Vergleich mit denen, wo die experimentale Methode der Untersuchung, wie bereits (189.) bemerkt worden, den Vorzug verdient. Dahin gehört z. B. der Widerstand der Flüssigkeiten gegen Körper, die sich in ihnen bewegen, dessen Kenntniß von großer Wichtigkeit in der Schiffsbaukunst und Artillerie ist, bei denen der Widerstand der Luft mit einer ungeheuren

Stärke wirkt. Dahin gehören auch noch, unter den practischen Gegenständen, die hauptsächlich von diesem Zweige der Wissenschaft abhängig sind, der Gebrauch der Segel bei der Schifffahrt, die Construction der Windmühlen und Wasserräder, die Fortleitung des Wassers durch Röhren und Canäle, die Construction der Schiffswerfte und Häfen ꝛc.

Natur fester Körper im Allgemeinen.

257) Die innere Constitution der festen Körper ist, aller Wahrscheinlichkeit nach, sehr verwickelt, und wir können nicht behaupten, viel von ihr zu wissen. Aus einigen zarten neueren Versuchen über die Dimensionen stark angespannter Dräthe hat sich ergeben, daß sie einer gewissen geringen Ausdehnung durch Spannung, so wie einer Zusammenpressung durch Druck, jedoch innerhalb noch engerer Grenzen, als die Flüssigkeiten, fähig sind. Gewöhnlich zerreißen sie bei einer zu starken Anspannung, und widerstehen der Wiedervereinigung; oder sie nehmen, zu heftig zusammengepreßt, eine dauernde Dimensionsverminderung an. So kann Holz durch einen Schlag verdichtet, und Metalle können durch Hämmern oder Walzen dichter und schwerer gemacht werden. Im gewöhnlichen Sprachgebrauch herrscht einige Verwirrung hinsichtlich der Härte, der Elasticität und anderer ähnlicher Eigenschaften der festen Körper, welche zu entfernen sehr rathsam ist. Härte ist die Disposition eines festen Körpers, welche es schwierig macht, seine Theile unter einander zu verrücken. So ist Stahl härter, als Eisen, und Diamant fast unendlich härter, als irgend eine andere Substanz in der Natur; aber die Zusammendrückbarkeit des Stahls, oder das Maaß, bis zu welchem derselbe einem bestimmten Drucke nachgiebt und sich wieder

herstellt, ist nicht viel geringer, als bei weichem Eisen, und beim Eise sehr nahe eben so groß, als beim Wasser.

258) Ferner nennen wir das Federharz einen sehr elastischen Körper, und es ist das auch, doch in einem vom Stahl sehr verschiedenen Sinne. Seine Theile sind einer großen gegenseitigen Verschiebung ohne bleibende Dislocation fähig; wie es auch verdreht wird, es nimmt schleunig seine Gestalt wieder an, aber mit geringer Kraft. Wäre das Federharz indessen in einem ganz von ihm erfüllten Raume eingeschlossen, so daß seine Theile nicht seitwärts ausweichen könnten, so würde es ohne Zweifel einer wirklichen Zusammendrückung mit großer Kraft widerstehen. Hier haben wir also ein Beispiel von zwei Arten von Elasticität bei einer Substanz, eine schwächere Kraft der Wiederherstellung von einer veränderten Gestalt, und eine stärkere von einem Zustande veränderter Dimension. Beide entspringen indessen aus den nämlichen Ursachen, und lassen sich auf dieselben Principien zurückführen, da die erstere in der That nur ein abgeänderter Fall der letzteren ist, so wie das Bestreben einer Stahlfeder, wenn sie gebogen worden, ihre frühere Stellung wieder anzunehmen, auf die nämlichen Kräfte zurückführbar ist, welche dem Stahl seine Härte und die Kraft, einer wirklichen Compression und Zerbrechung zu widerstehen, verleiht.

259) Die Dehnbarkeit eines festen Körpers, oder die Eigenschaft, vermöge welcher derselbe schwere Schläge ohne zu brechen ertragen kann, ist wieder verschieden von der Härte, obgleich sie oft damit verwechselt wird. Sie besteht in einer gewissen Nachgiebigkeit der einzelnen Theile bei einer mächtigen allgemeinen Cohäsion, und ist mit verschiedenen Graden von Elasticität verträglich. Die Hämmerbarkeit ist wieder eine andere Eigenschaft fester Körper, besonders der Metalle, ganz verschieden von der Dehnbarkeit,

und beruht auf deren Fähigkeit, eine Veränderung ihrer Gestalt zu erleiden ohne ein Bestreben, sie wieder herzustellen und ohne zu zerbrechen.

260) Die Zähigkeit ferner ist eine Eigenschaft fester Körper, welche directer, als die Dehnbarkeit, auf der Cohäsion ihrer Theile beruht. Sie besteht in der Kraft derselben, einer Trennung durch einen anhaltend wirkenden Zug zu widerstehen, während die Eigenschaft der Dehnbarkeit wesentlich von ihrer Disposition, die erschütternde Wirkung eines Schlages durch ihre Substanz zu verbreiten, abhängig ist. Demnach ist die Zähigkeit eines festen Körpers ein directes Maaß der cohäsiven Anziehung seiner Theile, und der beste Beweis der Existenz einer solchen Kraft.

Crystallographie.

261) Es ist an sich nicht wahrscheinlich, daß diese und manche andere so zu nennende tastbare Eigenschaften bei festen Körpern ohne einen entsprechenden Mechanismus in ihrer inneren Structur sollten bestehen können. Daß sie einen solchen, und zwar sehr merkwürdigen und verwickelten Mechanismus besitzen, zeigen die Erscheinungen der Crystallographie zur Genüge. Dieses interessante und schöne Gebiet der Naturwissenschaft ist erst in einer vergleichungsweise sehr neuen Zeit eröffnet worden. Daß manche Naturkörper gewisse Formen einnehmen, muß seit den frühesten Zeiten bekannt gewesen sein. Plinius scheint mit dieser Thatsache bekannt gewesen zu sein, wenigstens mit einigen Beispielen derselben, da er die Formen des Quarzes und des Diamants beschreibt. Aber bis zu Linné's Zeit scheint diesem Gegenstande keine ernstliche Beachtung gewidmet worden zu sein. Dieser aber beobachtete und beschrieb mit

Sorgfalt die crystallinischen Formen einer Menge verschiedener Körper, und betrachtete sie sogar als ein so bestimmtes Merkmal der damit begabten Körper, daß er vermuthete, jede besondere Form werde von einem besonderen Salze erzeugt. Romé de l'Isle verfolgte das Studium der crystallinischen Formen der Körper noch weiter. Er setzte zuerst die wichtige Thatsache der Beständigkeit der Winkel, unter welchen ihre Flächen zusammentreffen, fest; und indem er ferner beobachtete, daß manche von ihnen in mehreren verschiedenen Gestalten vorkommen, faßte er zuerst den Gedanken, daß diese Gestalten auf eine einzige, einer jeden Substanz besonders eigenthümliche und nach strengen geometrischen Gesetzen abänderliche Form zurückführbar sein möchten. Bergmann, gestützt auf eine von seinem Zögling Gahn ihm mitgetheilte Thatsache, that einen noch größeren Schritt, und zeigte, wie wenigstens eine Crystallspecies aus dünnen Blättchen, die in einer gewissen Ordnung auf einander gelegt werden, und gewisse Regeln der Superposition befolgen, gebildet werden könne. Es gelang ihm indessen nicht, richtige und allgemeine Folgerungen aus dieser Bemerkung abzuleiten, welche, richtig angesehen, die Grundlage des wichtigsten Gesetzes der Crystallographie ist, desjenigen nämlich, welches die primitive Form mit anderen Formen verknüpft, welche dieselbe Substanz, vermöge einer gewissen festbestimmten Relation, anzunehmen fähig ist. Was unter dieser Art von Verknüpfung einer Form mit einer anderen verstanden wird, davon kann man sich eine Idee bilden durch die Betrachtung einer zugespitzten Pyramide, die aus wagrechten, in horizontale Lagen zusammengefügten Steinen aufgebaut worden, deren jede für sich eine quadratische Platte von der Dicke eines einzelnen Steines darstellt. Diese horizontal über einander geschichteten und vom Boden bis zur Spitze regelmäßig an Umfang ab-

[illegible] Lagen erzeugen eine Pyramidenform mit einer [illegible] oder gefurchten Oberfläche, und wenn die Lagen so [illegible] sind, daß die Furchen dem Auge sichtbar zu sein aufhören, so wird die Pyramide glatt und vollständig erscheinen.

262) Sehr bald darauf und ohne Kenntniß des von Bergmann und Gahn Geleisteten machte der Abbé Haüy, durch den zufälligen Bruch einer schönen Crystallgruppe geleitet, die bereits (67.) angeführte Beobachtung; und indem er sie mit mehr Sorgfalt und Erfolg erwog, und bis in alle Einzelnheiten verfolgte, entwickelte er die allgemeinen Gesetze, nach welchen die Superposition der Lagen von Theilchen, als aus denen aufgebaut er alle Crystalle betrachtet, statt findet, und welche uns, wenn wir die primitiven Formen der Crystalle kennen, in den Stand setzen, ohne Versuch zu ermitteln, was für andere Formen sie noch anzunehmen vermögen, welche, dieser Vorstellung gemäß, abgeleitete oder secundäre Formen genannt werden. Mehr uns Andere haben seitdem Verfahrungsarten und Systeme erdacht, durch welche die Ableitung der Formen von einander erleichtert wird, und sie haben nicht nur einige aus einer übereilten Verallgemeinerung hervorgegangene Irrthümer ihrer Vorgänger verbessert, sondern auch durch eine außerordentlich sorgfältige Nachforschung unsere Kenntniß von den Formen erweitert, welche alle die mannigfaltigen durch die Natur und die Kunst erzeugten Substanzen wirklich annehmen.

263) Auf welche Weise eine Verschiedenheit hinsichtlich der äußeren Form aus einer Verschiedenheit der Gestalt der kleinsten Theile entspringen könne, aus denen ein fester Körper zusammengesetzt ist, läßt sich sehr gut begreifen, wenn man in Betrachtung zieht, was geschehen würde, wenn die Ziegel, aus denen ein Gebäude aufgeführt wird,

sämmtlich eine gewisse Neigung nach einer von der senkrechten abweichenden Richtung hätten. Denkt man sich z. B., daß jeder Ziegel auf seiner flachen Seite liege, daß seine längeren Kanten nach Nord und Süd gekehrt, seine Ost- und Westseite grade aufgerichtet, seine Nord- und Südseite aber nach einer gewissen, für alle gleichen, Richtung südwärts geneigt seien, so wird ein aus solchen Ziegeln erbautes Haus eine Neigung nach derselben Richtung bekommen, wenn die Ziegel gut zusammengefügt werden. Wenn außerdem die Ost- und Westseiten der Ziegel, anstatt wirklich senkrecht zu sein, eine östliche Neigung besäßen, so würde das ganze Haus eine ähnliche erhalten, und seine vier Kanten würden sämmtlich, anstatt senkrecht zu sein, sich südostwärts neigen. Denkt man sich statt eines Hauses eine Pyramide aus solchen schiefen Ziegeln erbaut, die Seiten ihren Grundflächen nach den vier Weltgegenden gekehrt, so würde die Spitze derselben, anstatt senkrecht über dem Mittelpunct ihrer Grundfläche zu stehen, sich senkrecht über einem südostwärts von diesem liegenden Puncte befinden, und die nördliche und westliche Seitenfläche der Pyramide würde mehr, als die östliche und südliche, gegen den Horizont geneigt sein.

264) Welche Vorstellung wir uns auch von der Art, wie die Theilchen eines Crystalls zusammenhängen und Massen bilden, machen mögen, so ist es doch fast unmöglich, die Vorstellung von einer bestimmten, ihnen allen gemeinschaftlichen, Gestalt aufzugeben. Jede andere Voraussetzung würde in der That mit deren genauer Uebereinstimmung unter einander in jeder anderen Hinsicht, welche durch die Erscheinungen der Chemie als bewiesen angesehen werden kann, unverträglich sein. Jedoch müssen wir in Erinnerung bringen, daß diese Vorstellung, wie annehmlich sie auch erscheinen möge, dennoch einigermaaßen hypothe-

tisch ist, und daß die Gesetze der Crystallographie, wie sie aus inductiver Beobachtung sich ergeben haben, gänzlich unabhängig sind von jeder Voraussetzung der Art und selbst der Existenz solcher Dinge als kleinster Theile oder Atome überhaupt.

265) Indessen muß jene eigenthümliche innere Constitution der festen Körper, wie sie auch beschaffen sein möge, welche durch ihre Annahme bestimmter Gestalten, durch ihre leichtere Spaltbarkeit nach gewissen Richtungen, als nach anderen, durch ihre Darstellung glänzender ebener Oberflächen, wenn sie in Stücke zerbrochen werden, angezeigt wird, nothwendig einen bedeutenden Einfluß auf alle ihre Beziehungen, sowohl zu äußeren Agentien, als auch zu ihren inneren Bewegungen und den gegenseitigen Einwirkungen ihrer Theile auf einander, ausüben. Deshalb ist die Eintheilung der Körper in crystallisirte und uncrystallisirte von der allgemeinsten Wichtigkeit; und fast alle Erscheinungen, welche durch jene mehr inneren, innerhalb enger Grenzen und gleichsam unmittelbar auf den Mechanismus fester Körper wirkenden natürlichen Ursachen hervorgebracht werden, werden durch deren crystallinische Structur auf eine merkwürdige Weise modificirt. So stehen bei durchsichtigen festen Körpern sowohl der Weg der sie durchlaufenden Lichtstrahlen, als auch die diesen eben dabei eingeprägten Eigenschaften in innigem Zusammenhange mit dieser Structur. Die neueren Versuche von Savart haben ebenfalls gezeigt, daß dieses auch mit ihrem Widerstandsvermögen, wovon ihre Elasticität abhängt, der Fall ist: Crystallisirte Substanzen widerstehen, den Ergebnissen dieser Versuche zufolge, der Zusammendrückung, je nach der Richtung, in welcher diese versucht wird, mit einem verschiedenen Grade von Elasticitätskraft; und alle von ihrer Elasticität abhängigen Erscheinungen, besonders die auf ihre

Vibrationsbewegungen und ihre Schallfortleitung bezüglichen, unterliegen dem Einfluß dieser Ursache.

266) Es leidet wenig Zweifel, daß dergleichen von der inneren Structur der Crystalle abhängige Modificationen in allen Theilen der Physik werden wahrgenommen werden. In jenem interessanten Gebiete, welches die Ausdehnung der Dimensionen der Körper durch die Wirkung der Wärme umfaßt, ist dazu der Anfang bereits von Mitscherlich gemacht worden. Es war längst bekannt gewesen, daß alle Körper durch die Wärme ausgedehnt werden, und es ist auch keine Ausnahme von diesem Gesetze, so lange der ganze von dem erwärmten Körper eingenommene Raum darunter verstanden wird, aufgefunden worden. So ist ein erwärmter Eisenstab sowohl länger, wie auch dicker, als ein kalter; und der, wenn auch an sich geringe, Dimensionsunterschied kann sehr wohl merklich gemacht werden, und ist beim Maschinenbau von beträchtlichen Folgen. Ebenso nimmt das Queckſilber in einem gewöhnlichen Thermometer erwärmt einen größeren Raum ein, als wenn es kalt ist, und muß, da es in einer Glaskugel (die zwar auch, aber in kleinerem Verhältniß ausgedehnt wird) eingeschlossen ist, in der Röhre steigen. Diese und ähnliche Thatsachen waren längst bekannt, und genaue Messungen der ganzen Größe der Ausdehnung sehr vieler verschiedener Körper bei gleichen Wärmezuflüssen gemacht und in Tafeln zusammengestellt worden. Aber Niemand hatte die wichtige Thatsache vermuthet, daß diese Ausdehnung bei crystallisirten Körpern unter Umständen erfolgt, die völlig verschieden von denen sind, unter welchen sie bei uncrystallisirten statt findet. Mitscherlich hat neuerlich gezeigt, daß solche Substanzen in verschiedenen Richtungen eine verschiedene Ausdehnung erleiden, und er hat sogar einen Fall angezeigt, wo die Ausdehnung in einer Richtung wirklich

mit einer Zusammenziehung in einer anderen verbunden ist. Dieser Schritt, ohne Zweifel der wichtigste, welcher noch in der Pyrometrie gemacht worden ist, kann jedoch nur als der erste in einer Reihe von Forschungen angesehen werden, welche die künftige Generation beschäftigen werden, und sowohl eine reichliche Ernte von neuen Thatsachen, als auch die Aufklärung einiger der dunkelsten und interessantesten Puncte in der Lehre von der Wärme herbeizuführen versprechen.

267) Nach dem eben Gesagten ist es klar, daß, wenn wir die festen Körper als Anhäufungen von Theilchen oder Atomen ansehen, welche durch die beständige Wirkung anziehender und abstoßender Kräfte an ihrer Stelle und zusammen gehalten werden, wir, wenigstens bei crystallisirten Körpern, nicht voraussetzen können, daß diese Kräfte nach allen Richtungen gleich wirken. Hieraus entspringt der Begriff der Polarität, von welcher wir ein Beispiel in großem Maaßstabe an der Magnetnadel sehen, deren Wirksamkeit unter abgeänderten Formen wir aber durch nichts gehindert werden uns als unter den kleinsten Theilen fester und selbst flüssiger Körper vorhanden, und als Ursache aller der Erscheinungen zu denken, welche diese in ihrem crystallisirten Zustande zeigen, wenn sie entweder gegenseitig auf einander, oder auf Licht, Wärme ꝛc. wirken. Es ist, wenn wir der Phantasie die Zügel schießen lassen, nicht schwer zu fassen, wie anziehende und abstoßende Atome, durch ein unbekanntes Band zusammengehalten, kleine Maschinen oder zusammengesetzte Theilchen bilden mögen, welche manche von den Eigenschaften, die wir auf Polarität beziehen, besitzen müssen, und es sind daher auch manche sinnreiche Vorstellungen hierüber gebildet worden; aber bei dem jetzigen Zustande der Wissenschaft ist es sicher am rathsamsten, solche Hypothesen, wenn auch nicht durchaus zu verwerfen, doch auf sich beruhen zu lassen, und die Po-

larität der Materie als eines der letzten Phänomene zu betrachten, zu welchem die Analyse der Natur uns leitet, und dessen Gesetze vollständig zu erforschen unser Geschäft sein muß, ehe wir seine Ursachen zu ermitteln, oder dem Mechanismus, durch welchen es hervorgebracht wird, nachzuspüren uns bemühen.

268) Die gegenseitigen Anziehungen und Abstoßungen der Theilchen der Materie also und ihre Polarität, werde sie nun als eine ursprüngliche oder als eine abgeleitete Eigenschaft betrachtet, sind die Kräfte, welche, mit großer Energie und innerhalb sehr enger Grenzen wirkend, als die Principien angesehen werden müssen, von denen die innere Constitution aller Körper und viele ihrer wechselseitigen Wirkungen abhängen. Sie sind das, was wir unter dem allgemeinen Ausdruck Molecularkräfte verstehen. Man hat versucht, die Molecularattraction mit der allgemeinen Gravitation, welche alle Materie auf alle übrige ausübt, zu identificiren; aber diese Vorstellung wird durch die deutlichsten Thatsachen widerlegt.

Zweites Capitel.

Von der Fortpflanzung der Bewegung durch Körper hindurch.

Vom Schall und Licht.

269) Die Fortpflanzung der Bewegung durch alle Körper hindurch, mag sie in einem einzelnen Impulse, wie

es bei einem Schlage oder Stoße, oder in oft und regelmäßig wiederholten Impulsen, wie es bei einer zitternden oder schwingenden Bewegung der Fall ist, bestehen, hängt ganz von den eben erwähnten Molecularkräften ab; und auf einer solchen Fortpflanzung beruht der Schall und sehr wahrscheinlich auch das Licht. Um zu begreifen, auf welche Weise eine Bewegung von einem Theile eines festen oder flüssigen Körpers zu einem anderen fortgeleitet werden könne, dürfen wir nur beobachten, was geschieht, wenn eine Welle längs eines gespannten Seiles oder über der Oberfläche eines stillen Wassers hinläuft. Dabei wird jeder Theil des Seiles oder des Wassers successiv aus seiner Stelle bewegt, und mit einer dem ersten Impulse ähnlichen Bewegung hin- und hergetrieben, seine Stelle verlassend und wieder zu ihr zurückkehrend; und wenn ein Theil sich zu bewegen aufhört, empfängt der nächste gleichsam den Eindruck, und befördert ihn weiter. Dieß mag in der Beschreibung als ein langsamer und umständlicher Hergang erscheinen. Wenn aber z. B. der Schall durch die Luft fortgeleitet wird, so müssen wir zunächst bedenken, daß die Luft, die hier in Bewegung befindliche Substanz, äußerst leicht und mit einer sehr kräftigen Elasticität begabt ist, so daß die Kraft, welche die Bewegung fortpflanzt, oder durch welche die benachbarten Theilchen auf einander wirken und sich vorwärts drängen, verglichen mit der durch sie in Bewegung gesetzten Quantität von Materie, sehr groß ist. Dasselbe ist, und zwar in noch höherem Grade, bei flüssigen und festen Körpern der Fall; denn bei diesen sind die Elasticitätskräfte im Verhältniß zum Gewicht noch größer, als bei der Luft.

270) Eine allgemeine Vorstellung von der Art, wie der Schall durch die Luft fortgeleitet wird, fehlte den Alten nicht ganz; aber wir verdanken Newton den ersten

Versuch, das Wesen dieser Fortpflanzung zu ergründen, und richtig anzugeben, was bei der Mittheilung der Bewegung von Theilchen zu Theilchen geschieht. Indem er die Eigenschaften der Luft als eines elastischen Körpers erwog, zeigte er, daß die Wirkung eines Impulses auf irgend eine Portion derselben in einer Verdichtung der in der Richtung des Impulses unmittelbar anliegenden Luft bestehe, welche darauf, vermöge ihrer Federkraft rückwirkend, die vorgerückte Luftportion in ihre ursprüngliche Stelle zurücktreibe, und zugleich die in der Richtung des Impulses vor ihr liegende Portion vorwärts dränge, so daß jedes Theilchen sich abwechselnd hin und her bewege. Jedoch verfiel Newton bei der Verfolgung dieser Idee in ihre Einzelnheiten in einige Irrthümer, welche schon von Cramer bezeichnet wurden, wenn gleich deren Ursprung nicht eher nachgewiesen und das Raisonnement nicht eher berichtigt wurde, als bis Lagrange und Euler den Gegenstand wieder vornahmen; hierin liegt jedoch keineswegs eine Verkleinerung des Scharfsinns unsers unsterblichen Landsmannes. Die mathematische Theorie der Fortpflanzung des Schalls und der schwingenden und wellenförmigen Bewegungen überhaupt ist eine der allerschwierigsten, und giebt bis auf den heutigen Tag, trotz aller Anstrengungen von Seiten der erfahrensten Geometer, fortwährend Veranlassung zu neuen Untersuchungen, indem beständig Phänomene zum Vorschein kommen, welche zeigen, wie wenig wir im Stande sind, alle Einzelnheiten selbst vergleichungsweise einfacher Fälle vermittelst eines directen Raisonnements von den ersten Principien abzuleiten.

271) Wird irgend ein Impuls von der Luft bis zu unsern Ohren fortgeleitet, so bringt er den Eindruck des Schalls hervor, wenn aber solch ein Impuls regelmäßig und gleichförmig in äußerst schneller Aufeinanderfolge wie-

derholt wird, so empfangen wir den Eindruck eines Tons, dessen Höhe von der Geschwindigkeit der Aufeinanderfolge abhängt (153). Die Empfindung der Harmonie entspringt dann aus der periodischen Wiederkehr gleichzeitiger Impulse zum Ohre, und gewährt vielleicht das einzige Beispiel einer Empfindung, für deren ergötzlichen Eindruck ein bestimmter und verständlicher Grund sich angeben läßt.

272) Die Akustik, oder die Lehre vom Schall, ist ein sehr bedeutender Zweig der Physik, welcher schon seit den frühesten Zeiten cultivirt worden ist. Selbst Pythagoras und Aristoteles waren nicht unbekannt mit der Art des Durchganges des Schalls durch die Luft im Allgemeinen und der Natur der Harmonie; jedoch konnte diese Kenntniß, abgesehen von ihrer erheiternden Anwendung in der Tonkunst, kaum eher als ein Zweig der Wissenschaft angesehen werden, als bis die Natur und die Gesetze dieser Erscheinungen ein Gegenstand der experimentalen Untersuchung für Bacon, Galilei, Mersenne und Wallis, und der mathematischen Forschung für Newton und seine berühmten Nachfolger Lagrange und Euler wurden. Seit der Zeit aber sind die Fortschritte der Akustik, als eines Zweiges sowohl der mathematischen als der physicalischen Wissenschaft, ununterbrochen und beschleunigt gewesen. Eine merkwürdige und schöne Beobachtungsmethode, die man Chladni verdankt, besteht in dem glücklichen Kunstgriff, auf die Oberflächen in tönender Bewegung sich befindender Körper Sand zu streuen, und die von diesem angenommenen Figuren zu beobachten. Diese Methode hat jene Bewegungen dem Auge sichtbar gemacht, und ist neuerlich sehr verbessert und in der Anwendung abgeändert worden von Savart, dem wir auch eine Reihe lehrreicher Untersuchungen über alle mit dem Schall im Zusammenhange stehenden Gegenstände verdanken, welche zu den schönsten Proben der heuti-

gen Experimentaluntersuchung gehören. Der Gegenstand ist jedoch noch weit entfernt erschöpft zu sein, und es giebt in der That wenige Zweige der Physik, welche zugleich ein so unterhaltendes Interesse und so wichtige Folgerungen vermöge ihrer engen Beziehung zu anderen Gegenständen, besonders, starker Analogien wegen, zum Licht, versprechen.

Licht und Sehen.

273) Die Natur des Lichts ist immer in großen Zweifel und in ein tiefes Geheimniß gehüllt gewesen. Von den Alten kann man kaum sagen, daß sie irgend eine Meinung über diesen Gegenstand hatten, wenn nicht in der That ihre Behauptung, daß getrennte Körper ohne ein Zwischenmittel nicht mit einander in Verbindung gesetzt werden können, und daß deshalb zwischen dem Auge und dem gesehenen Dinge *irgend etwas* vorhanden sein müsse, als eine solche angesehen werden könnte. Ueber das, was dieses Etwas sei, vermochten sie sich jedoch nur rohe und vage Muthmaßungen zu bilden. Einige meinten, die Augen selbst sendeten Strahlen oder Ausflüsse unbekannter Art aus, wodurch entfernte Gegenstände gleichsam gefühlt würden, eine seltsame unglückliche Idee, da sie keinen Grund, warum die Gegenstände nicht ebenfalls im Dunkeln sollten gesehen werden können, kurz keine Auskunft giebt über das, was das Licht beim Sehen wirkt. Andere stellten sich vor, daß alle sichtbaren Gegenstände unaufhörlich in allen Richtungen gewisse Ebenbilder oder Spiegelgestalten von sich ausstießen, welche, von den Augen aufgenommen, einen Eindruck von den Gegenständen erzeugten. Vag und plump, wie diese Vorstellung offenbar ist, legt sie dem Objecte eine Kraft und dem Lichte eine zerstreuende Ausbreitung nach allen Richtungen bei, welche beide von unseren Augen unabhän-

[illegible]

274) [illegible]

275) Diese von Newton auf eine seiner würdige Weise erörterte und erwogene Hypothese gewährt durch Anwendung derselben dynamischen Gesetze, welche er mit so vielem Erfolge auf die Erklärung der planetarischen Bewegungen angewandt hatte, nicht bloß eine annehmliche, sondern eine vollkommen befriedigende und schöne Erklärung aller der zu seiner Zeit bekannten gewöhnlichen Phänomene des Lichts. Seine eigene schöne Entdeckung der verschiede-

nen Brechbarkeit der verschieden gefärbten Strahlen wurde ebenfalls in dieser Theorie vollkommen gut dargestellt durch die einfache Annahme einer Geschwindigkeitsverschiedenheit bei den Theilchen, welche im Auge die Empfindungen der verschiedenen Farben hervorbringen. Wäre unsere Kenntniß der Eigenschaften des Lichts auf diese beschränkt geblieben, so würden wir keine Veranlassung gefunden haben, zu irgend einer anderen Weise, sie aufzufassen, unsere Zuflucht zu nehmen.

276) Eine von der Newtonschen sehr verschiedene Hypothese wurde jedoch um dieselbe Zeit von Huyghens aufgestellt, welcher annahm, das Licht werde auf dieselbe Weise wie der Schall erzeugt, nämlich durch die Mittheilung einer schwingenden Bewegung von Seiten des leuchtenden Körpers an eine höchst elastische Flüssigkeit, welche den ganzen Weltraum erfülle, und sich innerhalb der von Materie erfüllten Räume, je nach der Beschaffenheit der Materie, in einem mehr oder weniger verdünnten Zustande befinde. So substituirte er den fortgeschleuderten Lichttheilchen Wellen, oder Schwingungen, welche von den leuchtenden Körpern aus nach allen Richtungen durch dieses Mittel hindurch, welches er Aether nannte, fortgepflanzt werden. Huyghens war, als ein vollendeter Mathematiker, im Stande, manche Folgerungen aus dieser Hypothese zu ziehen, und zu zeigen, daß die Gesetze der gewöhnlichen Brechung und der Zurückwerfung durch sie eben so gut, als durch Newton's Hypothese, dargestellt und gerechtfertigt würden. Aber Huyghens's Hypothese hat noch keine befriedigende Rechenschaft von der Entstehung der Farben bei der gewöhnlichen Lichtbrechung durch ein Prisma, welche als die hauptsächlichste aller optischen Thatsachen angesehen werden kann, gegeben, von welcher dagegen Newton's Hypothese eine vollständige und elegante Erklärung giebt, und deren von ihm

gemachte Entdeckung eine der wichtigsten Epochen in den Annalen der Erfahrungs-Naturlehre bezeichnet. Dieser Einwurf, welcher oft mit Nachdruck gemacht worden ist, bleibt noch immer, wenn auch nicht ganz unbeantwortet, doch wenigstens nur unvollkommen gehoben.

277) Indessen hat es nicht an anderen Phänomenen gefehlt, an denen das Erklärungsvermögen beider Hypothesen weiter geprüft werden konnte. Die von Grimaldi, einem Jesuiten zu Bologna, entdeckte Beugung oder Inflexion des Lichts schien anzudeuten, daß die Lichtstrahlen bloß durch ein nahes Vorbeistreifen an Körpern von willkührlicher Gestalt aus ihrer geraden Bahn abgelenkt werden. Diese äußerst merkwürdigen und schönen Erscheinungen wurden von Newton sorgfältig untersucht, und von ihm der Wirkung abstoßender, auf einen merklichen Abstand von der Oberfläche der Körper sich erstreckender Kräfte zugeschrieben. Seine Erklärung erscheint in Beziehung auf die ihm bekannten Thatsachen so befriedigend, als man vernünftiger Weise erwarten konnte, und zwar weit mehr, als Alles, was damals von Seiten der Huygens'schen Hypothese vorgebracht werden konnte, welche in der That unfähig zu sein schien, davon auf irgend eine Art Rechenschaft zu geben.

278) Eine andere Classe zarter und glänzender optischer Erscheinungen, welche kurz vor Newton's Zeit die Aufmerksamkeit auf sich zu ziehen begonnen hatte, schien beide Hypothesen gleichmäßig in Verlegenheit zu setzen. Dieß waren die Farben, welche dünne Häutchen entweder von einer tropfbaren Flüssigkeit (wie bei einer Seifenblase), oder von Luft (wie wenn zwei Gläser so zusammengelegt werden, daß nur Luft sich zwischen ihnen befindet) zeigen. Diese Farben wurden von Newton mit einer bis dahin in der Experimentalphysik beispiellosen Sorgfalt und Genauigkeit, mit welcher auch nur die bei wenigen später angestellten Versu-

chungen angewandte zu vergleichen gestattet ist, untersucht. Das Resultat davon war eine Theorie von sehr seltsamer Beschaffenheit, die er auf eine Hypothese von abwechselnd leichter Transmission und Reflexion gründete, welche voraussetzt, daß jeder Lichtstrahl bei seinem Fortgange periodisch in eine Folge von Zuständen versetzt werde, die ihn abwechselnd disponiren, von der Oberfläche eines von ihm getroffenen Körpers reflectirt zu werden, oder in denselben einzudringen. Der Leser wird diese Hypothese am leichtesten begreifen, wenn er jedes Lichttheilchen als eine Art von kleinem Magnet betrachtet, welcher in seinem Fortgange sich rasch um seinen eigenen Mittelpunct dreht, und so abwechselnd seinen anziehenden und abstoßenden Pol darbietet, so daß er, wenn er mit seinem abstoßenden Pole auf die Oberfläche eines Körpers trifft, abgestoßen, im anderen Falle aber angezogen wird, und dann in denselben eindringt. Newton jedoch vermied vorsichtig, die Hypothese in dieser oder einer ähnlichen Gestalt vorzutragen, und beschränkte sich ganz auf allgemeine Ausdrücke. Daher haben alle seine Nachfolger zuversichtlich behauptet, daß die Hypothese der leichten Reflexion und Transmission, wie sie von ihm dargestellt worden, wesentlich nichts anderes, als ein Ausdruck der Thatsachen sei. Wäre dem so, so ist klar, daß jede andere Theorie, welche eine genaue Rechenschaft von denselben Phänomenen geben würde, am Ende die Newton'sche einschließen und mit ihr zusammenfallen müßte. Dieß ist jedoch, wie wir nun sehen werden, nicht der Fall; und dieses Beispiel sollte dazu dienen, uns äußerst vorsichtig darin zu machen, daß wir bei der Aufstellung physicalischer, aus Versuchen abgeleiteter Gesetze keine Sprache gebrauchen, die im mindesten etwas Theoretisches enthält, wenn wir nämlich die Gesetze selbst in einer Form darstellen wollen,

welche durch keine künftige Untersuchung verändert oder umgestoßen werden kann.

279) Eine dritte Classe optischer Erscheinungen, welche gleichfalls entdeckt wurde, während Newton mit seinen optischen Forschungen beschäftigt war, bilden die Erscheinungen, welche doppelt brechende Crystalle zeigen. Worin das Phänomen der doppelten Brechung besteht, haben wir bereits zu erläutern Gelegenheit gehabt. Die Thatsache selbst war zuerst von Erasmus Bartholin in dem Crystall, welcher Isländischer Spath genannt wird, bemerkt worden; sie wurde mit Aufmerksamkeit von Huyghens studirt, welcher ihre Gesetze feststellte, und sie mit bewundernswürdigem Scharfsinn und Erfolg auf seine Theorie vom Licht zurückführte, durch die Hinzufügung der Hypothese, daß das von ihm angenommene ätherische Mittel innerhalb des Crystalls eine solche Beschaffenheit habe, wodurch es fähig werde, einen Impuls schneller nach einer Richtung, als nach einer anderen fortzuleiten, so als wenn wir zum Beispiel annehmen wollten, der Schall werde durch die Luft mit verschiedenen Graden von Geschwindigkeit in verticaler und horizontaler Richtung fortgeleitet.

280) Einige die doppelte Brechung begleitende merkwürdige Thatsachen, die von Bartholin, Huyghens und Newton beobachtet worden waren, führte letzteren zu der seltsamen Vorstellung, daß ein Lichtstrahl nach seinem Austritt aus einem solchen Crystall Seiten, das heißt bestimmte Beziehungen zum umgehenden Raume, bekomme, welche er in seinem ganzen weiteren Fortgange beibehalte, und welche die Entstehung aller jener merkwürdigen und verwickelten Erscheinungen veranlassen, welche jetzt unter dem Namen der Polarisation des Lichts bekannt sind. Diese Resultate erschienen indessen als so außerordentlich, und boten so wenig Angriffspuncte zu ihrer weiteren Er-

forschung dar, daß ihre Untersuchung, wie durch eine gemeinsame Uebereinkunft, unterblieb, wobei Newton selbst sich begnügte, die scheinbare Unverträglichkeit dieser Eigenschaften mit der Huyghens'schen Lehre stark hervorzuheben, ohne jedoch irgend einen Versuch zu einer Erklärung derselben nach seiner eigenen zu machen.

281) Von der Epoche der optischen Entdeckungen Newton's bis zum Anfange des gegenwärtigen Jahrhunderts erlangte unsere Kenntniß von der Natur des Lichts keinen bedeutenden Zuwachs, mit Ausnahme jedoch eines einzigen, der wegen seiner unschätzbaren practischen Anwendung immer einen hervorstechenden Platz in den Annalen der Kunst und Wissenschaft behalten wird: wir meinen die Entdeckung des Princips der achromatischen Fernröhre, welche aus den Verhandlungen von Euler, Klingenstierna, einem ausgezeichneten schwedischen Naturforscher, und dem berühmten englischen Optiker Dollond, bei Gelegenheit gewisser abstracter theoretischer Untersuchungen des ersteren hervorging, die ihn veranlaßten, über die Möglichkeit dieses Princips nachzudenken, und zuletzt mit der vollständigen und glücklichen Ausführung desselben durch den letzteren endigten; ein merkwürdiger, wenn auch nicht einziger Fall in der Wissenschaft, wo der speculative Geometer in seinem Zimmer, abgeschieden von der Welt und in Abstractionen vertieft, Ansichten von der herrlichsten practischen Anwendung zu Tage gefördert hat *).

282) Die Erklärung, welche unsere Kenntniß der optischen Gesetze uns über den Mechanismus des Auges und den Proceß, durch welchen das Sehen vollführt wird, ver-

*) Es scheint jedoch nicht bezweifelt werden zu können, daß schon einige Zeit vorher, ehe noch Euler oder Dollond irgend daran dachten, ein achromatisches Fernrohr von einem Privatliebhaber, einem gewissen Hall, construirt worden ist.

schafft, ist so vollständig und befriedigend, wie die des Hörtens vermittelst der Fortpflanzung der Bewegung durch die Luft. Die von Baptist Porta 1560 erfundene Camera obscura gab zuerst eine Vorstellung davon, wie die wirklichen Bilder äußerer Gegenstände ins Auge geleitet werden könnten; aber es verfloß eine geraume Zeit, bis Kepler, der unsterbliche Entdecker jener großen Gesetze, welche die Perioden und Bewegungen der Planeten reguliren, mit Bestimmtheit die von den verschiedenen Theilen des Auges beim Acte des Sehens verrichteten Functionen ausmittelte. Von da zur Erfindung des Fernrohrs und Microscops könnte ein kleiner Schritt zu sein scheinen, aber wir verdanken diese Erfindung dennoch mehr dem Zufall, als der Absicht; und die Wiedererfindung des Fernrohrs durch Galilei nach einer bloßen Beschreibung seiner Wirkungen kann unter tausend ähnlichen Beispielen, zu zeigen dienen, daß der Weg zu unschätzbaren practischen Anwendungen uns geöffnet ist, sobald wir uns nur einmal dahin zu bringen vermögen, ihre Möglichkeit einzusehen, eine Lehre, für welche auch die Erfindung des achromatischen Fernrohrs selbst, wie sie oben erzählt wurde, ein nicht weniger sprechendes Beispiel giebt.

283) Das kleine Instrument, mit welchem Galilei seine glänzenden Entdeckungen machte, war an Kraft kaum einem gewöhnlichen Sucher von der jetzigen Einrichtung überlegen; aber es wurde rasch verbessert, und erlangte unter Huyghens's Händen eine riesenhafte Größe und sehr große Kraft. In der Absicht, die für diese Fernröhre erforderliche ungeheure Länge zu vermeiden und doch dieselbe Kraft zu sichern, erfanden Newton und Gregory das Spiegelteleſcop, welches seitdem ein viel kräftigeres Instrument geworden ist, als ihre ersten Erfinder sich muthmaßlich jemals gedacht haben.

284) Das Fernrohr, wie es gegenwärtig beschaffen ist, mit den Verbesserungen in seiner Einrichtung und Ausführung, welche neuere Künstler zu Stande gebracht haben, muß zuverlässig zu den höchsten und vollendetsten Erzeugnissen menschlicher Kunst gezählt werden, als ein solches, bei welchem es dem Menschen gelungen ist, sich den Einrichtungen der Natur enger anzuschließen, und welches ihm, wenn auch nicht einen neuen Sinn, doch wenigstens eine Verstärkung eines schon besessenen verliehen hat, die beinahe als ein neuer angesehen zu werden verdient. Dennoch scheint es noch nicht seine letzte Vervollkommnung erreicht zu haben, für welche irgend eine Grenze anzugeben uns vielmehr unmöglich erscheinen muß, wenn wir die wundervollen Fortschritte, welche die Kunstfertigkeit jeder Art macht, die gegen frühere Zeiten so ungemein gesteigerte Sorgfalt, womit gegenwärtig die Materialien bearbeitet werden, und die sinnreichen Erfindungen und Combinationen, welche jedes Jahr dazu neu hervorbringt, dieselben Zwecke durch bisher unversuchte Mittel zu erreichen *), in Erwägung ziehen.

285) Nach einem langen Stillstande begann die Kenntniß der Eigenschaften des Lichts gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts neue Fortschritte zu machen, und zwar mit einer zunehmenden Geschwindigkeit, welche auch bis zur Gegenwart unvermindert geblieben ist. Das Beispiel wurde dabei von dem jüngst verstorbenen bewundernswürdi-

*) Wir wollen damit auf die neuerlich erfundenen achromatischen Combinationen von Barlow und Rogers und auf die dichten Gläser hindeuten, deren Fabrication Faraday kürzlich in einer mit den schönsten Beispielen sorgfältiger und erfolgreicher chemischer Manipulation angefüllten Denkschrift erläutert hat, und welche in der practischen Optik eine neue Epoche, zum Nutzen wenigstens der künftigen Generation, hervorzurufen versprechen. S. Phil. Trans. 1830.

gen Dr. Wollaston gegeben, welcher die von Huygheus angezeigten Gesetze der doppelten Brechung im Isländischen Spath aufs Neue prüfte und bestätigte. Da hierdurch auf diesen Gegenstand wieder die Aufmerksamkeit gelenkt worden war, fand Laplace's Geometrie bald ein Mittel, wenigstens einen Theil des Geheimnisses dieses seltsamen Phänomens durch die Newtonsche Theorie des Lichts, unter gewissen vorausgesetzten Bedingungen angewandt, zu erklären, und das Raisonnement, welches ihn zu dem (damals ganz unerwarteten) Resultate führte, kann mit Recht als einer der glücklichsten Erfolge seiner Anstrengungen betrachtet werden. Die Verfolgung dieses Gegenstandes, welcher nun das höchste Interesse gewonnen hatte, wurde noch von Seiten der Französischen Academie der Wissenschaften durch die Aussetzung eines Preises befördert, und es war eine im Jahr 1810 von ihr gekrönte Denkschrift, worin Malus, ein zurückgetretener Ingenieur-Officier der Französischen Armee, die große Entdeckung der Polarisation des Lichts durch gewöhnliche Reflexion an der Oberfläche eines durchsichtigen Körpers ankündigte.

286) Malus fand, daß ein Lichtstrahl, der von der Oberfläche eines solchen Körpers unter einem gewissen Winkel zurückgeworfen wird, genau dieselbe sonderbare Eigenschaft erlangt, welche ihm in dem Acte der doppelten Brechung eingeprägt wird, und welche Newton dadurch, daß er denselben Seiten beilegte, bezeichnete. Dieß war der erste Umstand, der eine Verknüpfung zwischen jenem bis dahin so räthselhaften Phänomen und einer der gewöhnlichen Modificationen des Lichts zu erkennen gab, und er bewährte sich zuletzt als das Mittel, das Ganze in die Grenzen, wenn nicht einer vollständigen Erklärung, doch wenigstens einer höchst annehmlichen theoretischen Darstellung einzuschließen. So wahr ist in der Wissenschaft Ba-

son's Bemerkung, daß keine Naturerscheinung auf angemessene Weise für sich selbst allein studirt werden kann, sondern, um verstanden zu werden, in ihrem Zusammenhange mit der ganzen Natur betrachtet werden muß.

287) Die so enthüllte neue Classe von Erscheinungen wurde sofort mit Fleiß und Erfolg von Arago, Malus und Brewster studiert, und ihre Gesetze wurden mit einer ihrer Wichtigkeit angemessenen Sorgfalt erforscht, als eine neue, anscheinend noch außerordentlichere, Classe von Phänomenen in der Entstehung der lebhaftesten und schönsten Farben (jedenfalls den von Newton in dünnen Blättchen von Luft oder Flüssigkeit entdeckten ähnlich, nur unendlich entwickelter und auffallender) in gewissen durchsichtigen crystallisirten Substanzen, wenn diese nach besonderen Richtungen in ebene Platten zerschnitten, und einem Strahl polarisirten Lichtes ausgesetzt werden, sich darbot. Die aufmerksame Untersuchung dieser Farben durch Wollaston, Biot, Arago und, specieller noch, durch Brewster führte rasch zur Enthüllung einer Reihe optischer Erscheinungen, so mannigfaltig, so glänzend und augenscheinlich so eng verknüpft mit den wichtigsten auf die innere Structur crystallisirter Körper sich beziehenden Puncten, daß sie das höchste Interesse erregen mußten, — jene Art von Interesse, welches entsteht, wenn wir ahnen, daß wir uns am Vorabend großer Entdeckungen befinden, und jeden Augenblick das Hervortreten irgend einer leitenden Thatsache erwarten, welche auf alles, was dunkel erscheint, Licht werfen, und alles, was regellos zu sein scheint, in Ordnung bringen wird.

288) Diese Erwartung blieb nicht unerfüllt. Lange vor der Zeit, von der wir jetzt reden, im ersten Jahre dieses Jahrhunderts nämlich, hatte unser berühmter Landsmann, der Dr. Thomas Young, ein optisches Princip auf-

gestellt, welches, als ein physicalisches Gesetz betrachtet, an Schönheit, Einfachheit und ausgedehnter Anwendbarkeit im ganzen Kreise der Wissenschaft kaum seines gleichen hat. Durch die Betrachtung der Art und Weise, wie die Schwingungen zweier Töne, die zugleich das Ohr treffen, auf die Empfindung einen Eindruck von Schall oder Stille machen, je nachdem ihre Wirkungen zusammenfallen oder einander aufheben, wurde er auf den Gedanken geführt, daß dasselbe auch beim Lichte statt finden müsse, wenn die Theorie, nach welcher das Licht dem Schall analog sein soll, die richtige sei, und daß demnach zwei Lichtstrahlen, die in demselben Augenblick aus derselben Quelle ausfahren, aber auf verschiedenen Wegen an einer Stelle zusammentreffen, sich gegenseitig verstärken oder, völlig oder theilweise zerstören müssen, je nach dem Unterschiede der Längen der von ihnen durchlaufenen Wege. Daß zwei Lichter unter irgend welchen Umständen, durch ihre Vereinigung sollten Dunkelheit hervorbringen können, mag seltsam erscheinen, aber es ist buchstäblich wahr, und es war dieses sogar schon von langer Zeit als eine sonderbare und unerklärliche Thatsache von Grimaldi, bei seinen Versuchen über die Beugung des Lichts, bemerkt worden. Die experimentellen Mittel, wodurch Young dieses Princip, welches in der Optik unter dem Namen der Interferenz der Lichtstrahlen bekannt ist, bestätigte, waren so einfach und befriedigend, als das Princip selbst schön ist; mehr aber noch sind es die Bestätigungen desselben, die aus der Erklärung hervorgehen, welche es für die anscheinend entlegensten Phänomene gewährt. Newtons Farben dünner Blättchen waren die ersten Phänomene, auf welche sein Urheber es mit vollem Erfolge anwandte. Seine nächstfolgende merkwürdige Anwendung geschah auf die Beugungsphänomene, von denen es auch, unter der Hand des verstorbenen ausgezeich-

neten französischen Geometers Fresnel, eine Erklärung gewährte, und zwar in Fällen, auf welche Newton's Hypothese anscheinend nicht anwendbar war, und bei einer Verwickelung von Umständen, die einen jeden Hypothese zur strengen Probe dienen könnte.

289) Ein einfacher und schöner Versuch über die Interferenz des polarisirten Lichts, den wir Fresnel und Arago verdanken, setzte diese in den Stand, Young's Gesetz mit den von Crystallplatten in einem polarisirten Strahle erzeugten Farben in Verbindung zu bringen, und verschaffte dadurch einen Schlüssel zu allen Dunkelheiten dieser herrlichen, aber verwickelten Phänomene. Nun fehlte zu einer rationellen Theorie der doppelten Brechung nichts, als die Bildung einer Hypothese darüber, auf welche Art und Weise etwa das Licht durch das elastische Mittel, vermittelst dem wir annehmen, daß es dasselbe fortleite, fortgepflanzt werden könnte, welche Hypothese aber nothwendig so wenig mit irgend einer Thatsache, als mit den allgemeinen Gesetzen der Dynamik im Widerspruch stehen durfte. Ueber diesen wesentlichen Punct, ohne dessen Erörterung alles vorher Gewonnene unvollständig geblieben seyn würde, wurde eine Idee ebenfalls von Young angegeben, welcher mit seiner Scharfsinne, der selbst Newton Ehre gebracht haben würde, erklärt hatte, daß es, um Huyghens's Lehre den Erscheinungen des polarisirten Lichts anzupassen, nothwendig sei, die Art der Fortpflanzung eines leuchtenden Impulses durch den Aether hindurch verschieden von der Fortpflanzung eines Schallimpulses durch die Luft hindurch aufzufassen. Bei der letzteren schreiten die Lufttheilchen hin- und rückwärts; bei der ersteren müssen die Aethertheilchen als seitwärts erzitternd angenommen werden.

290) Diese Vorstellung zur Grundlage seines Raisonnements machend, schritt Fresnel dazu, auf ihr eine Theo-

rie der Polarisation und doppelten Brechung zu errichten, die in ihrer Anschließung an die Thatsachen und in der Uebereinstimmung der vermittelst der gründlichsten Analyse aus ihr abgeleiteten Resultate mit der Erfahrung so glücklich ist, daß es schwer wird sie für unbegründet zu halten. Sollte dieß dennoch der Fall sein, so würde sie wenigstens das merkwürdigste künstliche System sein, wovon die Wissenschaft jemals Zeuge gewesen wäre. Doch sei aber, wie ihm wolle, so lange sie dazu dient, eine in Zahl und Mannigfaltigkeit fast unendliche Menge von Thatsachen unter einen umfassenden Gesichtspunct zu bringen, von einer derselben auf die andere schließen zu lassen, und Analogien und Beziehungen zwischen ihnen festzusetzen: so kann sie, auf welcher Hypothese sie auch ruhen, und welche willkührliche Annahmen in Beziehung auf Structur und Wirkungsart sie auch enthalten mag, doch nie anders, denn als ein höchst reeller und wichtiger Zuwachs zu unserm Wissen angesehen werden.

(291) Indessen ist es keineswegs unmöglich, daß die Newton'sche Theorie des Lichts, wenn sie mit gleichem Fleiß wie die Huyghens'sche cultivirt würde, zu einer gleich annehmlichen Erklärung solcher Phänomene führen könnte, welche jetzt als außerhalb ihres Bereichs liegend angesehen werden. Biot ist der Urheber der bereits erwähnten Hypothese von der rotatorischen Bewegung der Lichttheilchen um ihre Axe. Er hat sie nur zu einem sehr beschränkten Zweck angewandt, aber sie kann ohne Zweifel viel weiter geführt werden; und durch die Annahme einer regelmäßigen Emission der Lichttheilchen in gleichen Zwischenräumen und ähnlichen Bewegungszuständen von dem leuchtenden Körper, was keine sehr gezwungene Vorstellung zu seyn scheint, würden wenigstens alle Erscheinungen der Interferenz leicht genug ohne Annahme eines Aethers erklärt werden.

292) Die optische Untersuchung crystallisirter Substanzen giebt ein schönes Beispiel unter vielen von der Erläuterung, welche jeder Zweig der Wissenschaft jedem anderen zu verschaffen vermag. Die unermüdlichen Untersuchungen von Brewster und Anderen haben gezeigt, daß die vom polarisirten Lichte bei seinem Durchgange durch Crystalle entwickelten Erscheinungen eine sichere Anzeige von den wichtigsten, auf die Structur der Crystalle selbst sich beziehenden Puncten darbieten, und dadurch zu höchst werthvollen Merkmalen zur Erkennung ihrer inneren Constitution werden. Es war Newton, der zuerst zeigte, von welcher Wichtigkeit als physicalisches Merkmal, — als Anzeige anderer Eigenschaften, — die Wirkung eines Körpers auf das Licht werden könne; aber die durch den Gebrauch des polarisirten Lichts, als eines Instruments für die Experimentaluntersuchung, gewonnenen Merkmale sind so bezeichnend und so innerlicher Art, daß man beinahe sagen kann, sie haben uns eine Art von intellectuellem Sinn verliehen, durch welchen wir fähig werden, der inneren Anordnung jener wunderbaren Structuren nachzuspüren, welche die Natur durch ihre vollendete und unsichtbare Architectur zu Stande bringt, mit einer Zartheit, die unserer Fassungskraft spottet, und einer Symmetrie und Schönheit, die wir zu bewundern nie müde werden. Aus diesem Gesichtspuncte angesehen hat die Wissenschaft der Optik der Mineralogie und Crystallographie nicht weniger wichtige Dienste geleistet, als der Astronomie durch die Erfindung der Fernröhre, oder der Naturgeschichte durch die Erfindung des Microscops; während die Entdeckung der zwischen den optischen Eigenschaften der Körper und ihren Crystallformen, ja selbst ihrem chemischen Verhalten vorhandenen Beziehungen zahlreiche und schöne Beispiele von allgemeinen Gesetzen verschafft hat, welche, erschlossen aus mühevoller und

erklagen werden zu können. Es wurden Zweifel erhoben, denen der Witz eines Monarchen *) eine Verbreitung gab, die sie schwerlich in einer Zeit, wo die Menschen kaum eigenes Denken sich zutrauen durften, erlangt haben würden. Endlich aber gab Copernicus durch Bekanntmachung seiner eignen oder durch Erneuerung der Pythagorischen Lehre, welche die Sonne in den Mittelpunct unsers Systems setzt, der Astronomie eine Einfachheit, die, mit der Verwickelung der vorigen Ansichten verglichen, auf einmal Zustimmung gebot.

295) Ein eleganter Schriftsteller **), den wir bereits früher anzuführen Gelegenheit hatten, hat über die verwirrten Begriffe von der Einrichtung unsers Sonnensystems, welche so lange herrschend waren, und über die Schwierigkeit, mit welcher man zu einer richtigen Vorstellung von der Anordnung seiner Theile gelangte, einen kurzen und bezeichnenden Ausdruck gegeben. »Wir sehen es«, bemerkt er, »nicht in seiner Ebene, sondern in seinem Durchschnitt.« Der Sinn davon ist, daß unser Beobachtungsort in seiner allgemeinen Ebene liegt, die Vorstellung aber, die wir uns von demselben zu machen streben, nicht die Anschauung seines Durchschnitts, sondern die Anschauung seiner Ebene gerade ist. Dieß verhält sich so, als wenn wir versuchen wollten, ein Buch zu lesen, oder auf einer Charte die Gegenden zu erkennen, indem unser Auge sich in gleichem Niveau mit denselben befindet. Wir können direct über die Entfernungen der Gegenstände nur nach ihrer scheinbaren Größe, oder vielmehr über die Aenderung ihrer Entfernung nur nach der Aenderung ihrer scheinbaren Größe urtheilen; auch haben wir kein Mittel, selbst ihre gegenseitige Stellung anders als indirect nach ihren scheinbaren Oertern, wie wir sie sehen, zu bestimmen. Nun sind aber die Aenderungen in der

*) Alphons von Castilien, 1252.

**) Jackson, Letters on various Subjects, etc.

scheinbaren Größe der Sonne und des Mondes zu gering, um ohne Hülfe eines Fernrohres eine genaue Messung zu gestatten, und daß die Körper der Planeten eine verschiedene Größe haben, kann mit dem bloßen Auge überhaupt nicht einmal wahrgenommen werden.

296) Ist aber das Copernicanische System einmal anerkannt, so ist wenigstens diese Schwierigkeit der Auffassung wirksam überwunden, und es wird dann ein reines Problem der Geometrie und des Calculs, nach den beobachteten Oertern eines Planeten seine wirkliche Bahn um die Sonne und die übrigen Umstände seiner Bewegung zu bestimmen. Dieß vollführte Kepler für die Bahn des Mars, welche er als eine Ellipse erkannte, in deren einem Brennpuncte die Sonne steht; und dasselbe Gesetz, durch inductive Analogie auf alle übrigen Planeten ausgedehnt, fand sich bei einem jeden einzelnen vollkommen bestätigt. Dieses und die übrigen merkwürdigen Gesetze, die in der physischen Astronomie gewöhnlich die Keplerschen Gesetze genannt werden, bilden ohne Zweifel das wichtigste und schönste System geometrischer Beziehungen, welches jemals durch ein bloß inductives Verfahren, unabhängig von irgend einer Betrachtung theoretischer Art, entdeckt worden ist. Sie enthalten einen Inbegriff der Bewegungen aller Planeten, und setzen uns in den Stand, ihre Oerter in ihren Bahnen in irgend einem vergangenen oder künftigen Zeitpuncte (abgesehen von ihren gegenseitigen Störungen) anzugeben, vorausgesetzt daß gewisse rein geometrische Probleme numerisch gelöst werden können.

297) Die wahre Wichtigkeit dieser Gesetze konnte jedoch erst lange nach Kepler's Zeit erkannt werden. An und für sich betrachtet boten sie zwar ein schönes Beispiel von der regelmäßigen harmonischen Anordnung des größten aller Schöpfungswerke und einen schlagenden Contrast gegen den

volle Beweisführung und seinen beißenden Spott den Aristotelischen Lehren, die zwischen den Gesetzen der himmlischen und irdischen Bewegung eine Scheidewand errichtet hatten, den letzten Stoß gab, durch seine Erforschung der Gesetze der Fall- und Wurfbewegung zur Gründung eines wahren Systems der Dynamik bei, durch welches Bewegungen nach einer Kenntniß der sie erzeugenden Kräfte, und umgekehrt diese Kräfte nach den von ihnen erzeugten Bewegungen bestimmt werden konnten. Hooke kam noch weiter, und erlangte von der Art und Weise, wie die Planeten durch die Anziehung der Sonne in ihren Bahnen zurückgehalten werden könnten, eine so bestimmte Ansicht, daß man, wären seine mathematischen Fähigkeiten seiner philosophischen Schärfe gleich, und seine wissenschaftlichen Bestrebungen weniger vielfach und zerstreut gewesen, kaum daran zweifeln könnte, daß er nicht zur Erkenntniß des Gravitationsgesetzes gelangt sein sollte.

301) Aber alles, was zur Erreichung dieses großen Zieles vor Newton geschehen war, konnte nur angesehen werden als etwas, wodurch einige vorzügliche Hindernisse weggeräumt, und ein Zustand des Wissens vorbereitet worden, in welchem Geisteskräfte wie die seinigen sich wirksam äußern konnten. Seine wunderbare Vereinigung mathematischer Gewandtheit mit physicalischer Forschungsgabe setzten ihn in den Stand, nach Gefallen neue und unerhörte Methoden zur Erforschung der Wirkungen derjenigen Ursachen zu erfinden, welche sein klarer und durchdringender Verstand als thätig erkannte. Man kann sagen, daß, welchen Theil der Wissenschaft er auch berühren mochte, dieser durch ihn eine neue Gestalt bekam. Indem er durch eine Reihe eng zusammenhängender inductiver Argumente zu den höchsten Axiomen der Dynamik aufstieg, gelang es ihm, diese zur vollständigen Erklärung aller großen astronomischen Erschei-

nungen und vieler der kleineren und räthselhafteren auf-
wenden. Dabei hatte er sich alles erst zu schaffen: die Ma-
thematik seiner Zeit erwieß sich als durchaus unzureichend
für den Kampf mit den zahlreichen Schwierigkeiten, die zu
überwinden waren; aber dieses Hinderniß war so weit ent-
fernt, ihn zu entmuthigen, daß es vielmehr nur dazu dien-
te, seinem Genius neue Gelegenheiten zur Thätigkeit zu
geben, welcher in der Erfindung der Fluxionsmethode oder,
wie sie jetzt allgemeiner genannt wird, der Differentialrech-
nung ein Mittel zu Entdeckungen geschaffen hat, das zu
den vorher angewandten Methoden in demselben Verhältniß
steht, wie die Dampfmaschine zu den vor ihrer Erfindung
benutzten mechanischen Kräften. Von den optischen Entdec-
kungen Newton's haben wir bereits gesprochen; und wenn
die Größe der Gegenstände seiner astronomischen Entdeckun-
gen unsere Bewunderung der Geisteskräfte erregen, die sie
so vertraut umfassen konnten, so ist die Kleinheit der Un-
tersuchungen, wovon er bei jenen zuerst ein Beispiel gab,
nicht weniger geeignet, einen ähnlichen Eindruck hervorzu-
bringen. Wohin wir unsern Blick auch wenden mögen, im-
mer sehen wir uns aufgefordert, uns vor seinem Geiste zu
beugen, und dem Namen Newton in unserer Verehrung
einen Platz einzuräumen, der keinem anderen in den Anna-
len der Wissenschaft vorkommenden gebührt. Sein Zeital-
ter bezeichnet die vollendete Reife der menschlichen Vernunft
für die Behandlung solcher Gegenstände. Alles Vorherge-
gangene kann füglich den ersten unvollkommenen Bestrebun-
gen der Kindheit oder den Versuchen der unerfahrenen,
wenn auch hoffnungsvollen Jugend verglichen werden. Von
allem, was seitdem geschehen ist, wie groß an sich und
wie würdig eines so vorbedeutungsvollen und glänzenden
Anfangs es auch ist, hat, was die geistige Anstrengung be-

trifft, nichts jene Staunen erregende übertroffen, welche die Principia hervorgebracht hat.

302) In diesem großen Werke zeigt Newton, daß alle zu seiner Zeit bekannten himmlischen Bewegungen Folgen des einfachen Gesetzes sind, daß jedes materielle Theilchen jedes andere im Weltall mit einer Kraft anzieht, welche dem Producte ihrer Massen direct und dem Quadrate ihrer gegenseitigen Entfernung umgekehrt proportional ist, und daß es von jedem mit einer gleichen Kraft angezogen wird. Dann erläutert er, wie hieraus eine durch ein in seinem Ausdruck ganz ähnliches Gesetz geregelte Anziehung zwischen den großen kugelförmigen Massen, aus denen unser System besteht, entspringt; wie die elliptischen Bewegungen der Planeten um die Sonne und der Monde um die Planeten, den von Kepler durch Induction erforschten genauen Regeln gemäß, als nothwendige Folgen aus demselben allgemeinen Gesetze der Kraft hervorgehen, und wie selbst die Bahnen der Cometen nur besondere Fälle der planetarischen Bewegung sind. Hierauf geht er zu Anwendungen von größerer Schwierigkeit über und erklärt, wie die auffallenden Ungleichheiten in der Bewegung des Mondes aus der störenden Einwirkung der Sonne entspringen, wie die Ebbe und Fluth von der ungleichen Anziehung sowohl der Sonne, als des Mondes gegen den festen Theil der Erde und den sie umgebenden Ocean entsteht, und endlich wie auch das Vorrücken der Nachtgleichen eine nothwendige Folge eben desselben Gesetzes ist.

303) Die unmittelbaren Nachfolger Newton's fanden volle Beschäftigung in der Bestätigung dieser Entdeckungen, und in der Erweiterung und Verbesserung der mathematischen Methoden, welche, wie es nun offenbar geworden war, sich als Schlüssel zu einem unerschöpflichen Schatz von Erkenntniß bewährten. Die gleichzeitige, aber unabhän-

gige Entdeckung einer in jeder Hinsicht der Newton'schen ähnlichen Methode der mathematischen Forschung durch Leibnitz hatte, während sie eine beklagenswerthe Nationaleifersucht erzeugte, die Wirkung, daß sie die Geometer auf dem Continente anreizte, sie zu cultiviren und ihr einen von der Geometrie der Alten, welcher Newton besonders anhing, durchaus unabhängigen Character einzuprägen. Dieß war für die Wissenschaft sehr glücklich; denn man fand bald, daß (mit einer schönen Ausnahme von Seiten Maclaurin's, welchem lange Zeit nachher der verstorbene Professor Robison in Edinburg mit einem dem seinigen gleichen Scharfsinn folgte) die Geometrie Newton's dem Bogen des Ulysses glich, den niemand, als sein Herr zu spannen vermochte, und daß es, um seine Methoden über die Puncte hinaus, bis zu denen er selbst sie ausdehnte, brauchbar zu machen, nothwendig war, von ihnen jede Spur des antiken Anzuges abzustreifen, in welchen es ihm sie einzukleiden beliebt hatte. Dieß auszuführen waren jedoch Newton's Landsmänner nicht geneigt, und sie büßten diese Zurückhaltung dadurch, daß sie sich zu der Rolle müssiger Zuschauer verurtheilt fanden, während ihre Nachbaren auf dem Continente, sowohl in Deutschland als in Frankreich, mit eifersüchtiger Schnelligkeit in der Bahn der mathematisch-physicalischen Entdeckungen vorwärts drangen.

304) Das Vermächtniß an Untersuchungen, welches, wie man sagen kann, Newton seinen Nachfolgern hinterließ, war wahrlich ungeheuer. Den Folgen des Gravitationsgesetzes durch alle Verwickelungen hindurch nachzuspüren; von allen Ungleichheiten der planetarischen und der noch unendlich verwickelteren und für uns wichtigeren Mondsbewegungen Rechenschaft zu geben; und, wovon Newton selbst sicherlich nie eine Vorstellung hatte, von der Festigkeit und Dauer des Systems, bei allem sich anhäufenden Einfluß

seiner innern Störungen, einen Beweis zu liefern, diese Arbeit, dieser Triumph war dem nachfolgenden Zeitalter vorbehalten, und wurde nacheinander von Clairaut, d'Alembert, Euler, Lagrange und Laplace getheilt. Doch der Gegenstand ist so ausgedehnt und die rein mathematischen Untersuchungen, die er veranlaßt, sind so schwierig und verwickelt, daß immer noch ein Jahrhundert zur Lösung der Aufgabe erfordert werden mag. Die neueren Entdeckungen der Astronomen haben die Geometer der jetzigen und der künftigen Generation mit Stoff zu Untersuchungen versorgt, welcher eine alles vorher Vorgekommene weit übertreffende Schwierigkeit in sich trägt. Fünf Hauptplaneten sind unserm System hinzugefügt worden, vier von ihnen erst seit dem Anfange dieses Jahrhunderts, und diese weichen sonderbar von der allgemeinen Analogie der übrigen ab, und bieten in der Theorie Fälle von Schwierigkeit dar, wie niemand vorher sie zu betrachten hatte. Und dennoch scheinen die verwickelten Fragen, zu denen diese Körper Veranlassung gegeben haben, an Schwierigkeit noch von denen übertroffen zu werden, die in Folge der Entdeckung verschiedener Cometen, welche, den Planeten gleich, in sehr kurzen Zeiträumen in elliptischen Bahnen die Sonne umkreisen, zum Vorschein gekommen sind. Aber die Hülfsquellen der neueren Geometrie scheinen, weit entfernt erschöpft zu seyn, vielmehr mit den entgegentretenden Schwierigkeiten sich nur noch zu vermehren, und schon hat die gegenwärtige Generation unter den Nachfolgern von Lagrange und Laplace eine treffliche Reihe von Namen aufzuweisen, welche sie in den Annalen der physisch-mathematischen Forschungen nicht weniger berühmt, als die eben erloschene, zu machen versprechen.

305) Indessen sind die Lagen, Gestalten und Dimensionen aller Planetenbahnen jetzt wohl bekannt, und ihre Veränderungen von Jahrhundert zu Jahrhundert in großem

Maaßstabe bestimmt; und es ist allgemein bewiesen worden, daß alle Aenderungen, welche die wechselseitigen Einwirkungen der Planeten auf einander im Laufe unbestimmter Zeitalter hervorzubringen vermögen, periodisch sind, das heißt, daß sie bis zu einer gewissen (und zwar nie bedeutenden) Größe zu- und dann wieder abnehmen, so daß das System durch die wechselseitige Wirkung seiner Theile niemals zerstört oder verkehrt werden kann, sondern sich beständig gleichsam in Oscillation um einen gewissen mittleren Zustand befindet, von welchem es nie bis zu einer zerstörenden Abweichung sich entfernen kann. Im Besonderen hat sich aus Laplace's und Lagrange's Untersuchungen die absolute Unveränderlichkeit der mittleren Entfernung eines jeden Planeten von der Sonne, und folglich seiner Umlaufszeit, ergeben. Auf diese großen Entdeckungen gestützt sind wir im Stande, aus der Gegenwart viele tausend Jahre in die Zukunft zu blicken, und den Zustand unsers Systems ohne Furcht vor anderen wesentlichen Irrthümern, als solchen vorherzusagen, die aus Ursachen, deren Existenz vorauszusetzen wir gegenwärtig keinen Grund haben, oder von einem Zusammentreffen, welches zu anticipiren wir kein Recht haben, entstehen könnten.

306) Eine richtige in Verzeichnissen zusammengestellte Aufzählung und Beschreibung der Fixsterne und eine genaue Kenntniß ihrer Stellen gewähren das einzige sichere Mittel, wodurch wir erfahren können, welchen Veränderungen sie unterworfen sind, und welche Bewegungen, wenngleich zu langsam, um ihnen die gebräuchliche Benennung der fixen Sterne rauben, aber doch hinreichend, um im Verlauf von Zeitaltern eine merkliche Veränderung hervorbringen zu können, unter ihnen bestehen mögen. Vor der Erfindung des Compasses dienten sie den Seefahrern als Führer bei Nacht; aber zu diesem Zweck

war eine sehr beschränkte Bekanntschaft mit einigen wenigen der vorzüglichsten hinreichend. Hipparch war der erste Astronom, welcher, durch die Erscheinung eines neuen Sterns angeregt, den Gedanken faßte, ein Verzeichniß der Sterne aufzustellen, welches geeignet wäre als eine astronomische Urkunde zu dienen, »woraus«, sagt Plinius, »die Nachwelt entdecken könne, nicht nur ob die Sterne geboren werden und sterben, sondern auch ob sie ihre Stellen verändern, und ob sie zu- oder abnehmen.« Er stellte dieses Verzeichniß, welches über 1000 Sterne enthielt, um 128 vor Chr. auf. Während der mühsamen Discussion seiner eignen und früherer Beobachtungen derselben, die er mit Rücksicht auf die Aufstellung dieses Verzeichnisses unternahm, erkannte er durch Ausmittelung der Sternörter in verschiedenen Epochen zur Nachtgleichenzeit, die Thatsache jenes langsamen, allgemeinen Vorrückens aller Sterne nach Osten, welches unter dem Namen des Vorrückens der Nachtgleichen bekannt ist, und welches Newton gelang auf eine, durch die Anziehung der Sonne und des Mondes hervorgebrachte, Bewegung der Erdaxe zurückzuführen.

307) Seit Hipparch sind in verschiedenen Zeitperioden in der Geschichte der Astronomie Sternverzeichnisse aufgestellt worden, unter denen das 1437 von Ulugh Begh entworfene, welches ungefähr 1000 Sterne enthält, als das Werk eines souverainen Fürsten, der persönlich mit seinen Astronomen arbeitete, und das 1600 von Tycho Brahe entworfene, welches 777 Sterne enthält, als durch ein Phänomen, ähnlich demjenigen, welches Hipparch's Aufmerksamkeit auf sich zog, zunächst veranlaßt, merkwürdig sind. In neueren Zeiten haben die Astronomen, versorgt mit den vollendetsten Instrumenten, die ihre Zeitalter darzubieten vermochten, und eingerichtet in Observatorien, die von den Souverainen und Regierungen verschiedener europäischer Na-

tionen freigebig ausgestattet wurden, mit einander gewetteifert, und wetteifern fortwährend in der Vermehrung der Anzahl der in die Verzeichnisse eingetragenen Sterne und in der Verwendung einer äußersten Sorgfalt auf die Bestimmung ihrer Oerter. Es würde undankbar sein, bei dieser Gelegenheit die vortreffliche Reihe von Beobachtungen nicht besonders zu erwähnen, welche unter mehreren unermüdlichen und verdienstvollen Astronomen seit langer Zeit aus dem Observatorio zu Greenwich hervorgegangen sind.

308) Die Entfernung der Fixsterne ist so ungeheuer, daß jeder Versuch, eine Grenze anzugeben, welche sie nicht übersteigen könne, bisher mißglückt ist. Zu allen Zeiten haben die Astronomen sich bemüht, diese Entfernung zu ermitteln, wobei sie die Dimensionen unsers Planetensystems oder der Erde selbst zur Einheit des Maaßstabes annahmen, mit welchem sie gemessen werden könne. Aber obgleich Manche geglaubt haben, daß ihre Beobachtungen Gründe zur Entscheidung dieses interessanten Punctes darböten, so hat sich doch immer ergeben, daß die Phänomene, auf die sie sich stützten, entweder auf andere vorher unbekannte Ursachen, welche erst durch die hohe Genauigkeit ihrer Untersuchungen ans Licht gezogen wurden, zurückzuführen sind, oder auf Irrthümern beruhen, die aus Unvollkommenheiten der Instrumente und unvermeidlichen Fehlern der Beobachtungen selbst entsprungen waren.

309) Die einzige Anzeige, die wir von der wirklichen Entfernung eines Sterns zu erlangen erwarten können, würde in einer der Bewegung der Erde um die Sonne entsprechenden jährlichen Aenderung seines scheinbaren Orts, seiner jährlichen Parallaxe, bestehen, welche nichts anderes ist, als das Maaß der scheinbaren Größe der Erdbahn, wie sie von dem Sterne aus gesehen wird. Manche Beobachter haben eine meßbare Größe dieser Parallaxe zu

entdecken gelaufet, aber mit der allmählichen Vervollkommnung der astronomischen Instrumente fanden die von den Beobachtern nach einander für sie angegebenen Größen sich in immer engeren Grenzen eingeschlossen, und es hat sich noch stets gewiesen, daß sie mit den Fehlern, welche den gebrauchten Instrumenten füglich zugeschrieben werden können, zusammenfallen. Wir werden dadurch zu dem Schluß gezwungen, daß die gesuchte Größe in der That zu klein ist, um mit den bis jetzt dafür vorhandenen Hülfsmitteln bestimmt gemessen werden zu können, und daß daher die Entfernung der Fixsterne eine Größe von einer Ordnung sein muß, vor deren Vorstellung die Einbildungskraft zurückschrickt. Aber diese Vergrößerung unserer Dimensionsscale ruft eine entsprechende Begriffserweiterung in jeder anderen Hinsicht hervor. Dasselbe Raisonnement, welches die Fixsterne in eine so unermeßliche Entfernung setzt, vergrößert sie auch zugleich zu mächtigen, unserer eigenen Sonne ähnlichen und selbst sie weit übertreffenden Körpern, die vielleicht die Mittelpuncte anderer Planetensysteme sind, oder Zwecke erfüllen, von denen wir uns nach allem, was unmittelbar um uns her vorgeht, durch Analogie keine Vorstellung machen können.

310) Die Vergleichung der zu verschiedenen Zeiten herausgegebenen Sternverzeichnisse hat manche seltsame Bemerkungen über den Ort und Glanz der Sterne und die Entdeckung mehrerer veränderlicher, die ihr Licht periodisch verlieren und wiederbekommen, so wie eines so gänzlichen Verschwindens anderer, daß von ihnen keine selbst mit kräftigen Fernröhren zu erkennende Spur am Himmel zurückgeblieben ist, veranlaßt. In eben dem Verhältniß, in welchem die Construction der astronomischen und optischen Instrumente vervollkommnet worden ist, ist auch unsere Kenntniß von dem Inhalt des Himmelsraums erweitert worden,

und hat zugleich einen Grad von Genauigkeit erlangt, der in früheren Zeiten nicht hätte geahnet werden können. Die Oerter aller Hauptsterne in der nördlichen und vieler derselben in der südlichen Hemisphäre sind gegenwärtig mit einer solchen Schärfe bestimmt, daß sich unfehlbar jede unter ihnen etwa vorhandene wirkliche Bewegung entdecken lassen muß. In der That hat man zu oft wiederholten Malen Bewegungen unter ihnen wahrgenommen, von denen einige sehr merkwürdig sind.

311) Indessen hat man erst seit einer vergleichungsweise neueren Zeit eine größere Aufmerksamkeit auf die kleineren Sterne verwandt, unter denen man ohne Zweifel früher oder später die interessantesten und lehrreichsten Phänomene auffinden wird. Die genaue Untersuchung derselben mit kraftvollen Teleskopen und mit zur Bestimmung ihres Orts geeigneten feinen Instrumenten hat in der That bereits ungeheure Verzeichnisse und Massen von Beobachtungen, worin Tausende von dem unbewaffneten Auge unsichtbaren Sternen enthalten sind, hervorgebracht, zur Entdeckung unzähliger wichtiger und merkwürdiger Thatsachen geführt, und ganze Classen himmlischer Gegenstände von einer so wundervollen Beschaffenheit aufgeschlossen, daß dadurch für eine unbeschränkte Speculation über die Größe und den Bau des Weltalls Raum gewonnen ist.

312) Unter diesen sind vielleicht die merkwürdigsten die sich umkreisenden Doppelsterne, Sterne, welche dem bloßen Auge und in schwachen Fernröhren einfach erscheinen, durch Instrumente von starker Vergrößerungskraft gesehen aber als zwei äußerst nahe bei einander stehende Individuen erkannt werden, von denen manche, wie eine fortgesetzte Beobachtung ergeben hat, in regelmäßigen elliptischen Bahnen einander umkreisen, und, soweit wir bis jetzt es auszumitteln im Stande gewesen sind, dieselben Gesetze,

wie die planetarischen Bewegungen, befolgen. Nichts vermag eine größere Idee von dem Maßstabe, nach welchem die Sternenhimmel gebaut sind, zu geben, als diese schönen Systeme. Wenn wir solche prachtvolle Körper zu Paaren ohne Zweifel durch dasselbe Band gegenseitiger Gravitation, welches unser eigenes System zusammenhält, vereinigt, und in ihren ungeheuren Bahnen in Perioden von vielen Jahrhunderten dahinfliegen sehen, so dringt sich uns die Ueberzeugung auf, daß durch sie in der Schöpfung Zwecke erfüllt werden müssen, welche den Menschen für immer unbekannt bleiben werden, und daß wir hier einen Punct in der Wissenschaft erreicht haben, wo der menschliche Verstand seine Schwäche anzuerkennen und zu fühlen gezwungen wird, daß keine Vorstellung selbst der wildesten Phantasie die leichteste Vergleichung mit der wahren Größe des Gegenstandes ertragen würde.

Geologie.

313) Die Untersuchungen der physischen Astronomie sind, wie wir bekennen müssen, nicht geeignet, uns zum Ursprunge unsers Systems oder zu einer Periode zurückzuführen, wo sein Zustand in Hauptsachen wesentlich von dem gegenwärtigen verschieden war. So weit die jetzt wirksamen Ursachen reichen, und so weit unsere Berechnungen uns in den Stand setzen, ihre Wirkungen zu schätzen, sind wir gleichfalls unvermögend, in den allgemeinen Erscheinungen des Planetensystems die Evidenz eines Anfangs oder die Aussicht eines Endes zu erkennen. Die Geometer haben, wie bereits bemerkt worden ist, bewiesen, daß mitten unter allen Schwankungen, welche in den Elementen der Bahnen der Planeten in Folge ihrer gegenseitigen Anziehung möglicherweise eintreten können, das allgemeine Gleichgewicht der Theile des Systems immer erhalten, und jede Abweichung

von einem mittleren Zustande durch eine Periodicität derselben ausgeglichen werden wird. Aber die Forschungen des physischen Astronomen so wenig, als die des Geologen geben uns irgend einen Grund, unser System oder die Kugel, die wir bewohnen, als mit einer ewigen Dauer begabt anzusehen. Im Gegentheil sind in der physischen Constitution unsers eigenen Planeten Umstände vorhanden, welche wenigstens dunkel auf einen Ursprung und eine Bildung desselben, wie entfernt sie auch sein mögen, hinweisen; da man erkannt hat, daß die Erde nicht kugelförmig, sondern elliptisch, und daß ihre Anziehung von der Art ist, daß wir annehmen müssen, ihr Inneres sei dichter, als ihre äußere Rinde, und die Dichtigkeit nehme einigermaßen regelmäßig von Außen nach Innen zu, und zwar in elliptisch um den Mittelpunct angeordneten Lagern, Umstände, die kaum anders, als bei einer solchen allmähligen Ablagerung der Stoffe eintreten konnten, welche dem Druck gestattete, sich mit einer gewissen Freiheit von einem Theile der Masse zum anderen fortzupflanzen, selbst wenn wir Bedenken tragen sollten, einen Zustand ursprünglicher Flüssigkeit zuzugeben.

314) Aber aus solchen Anzeigen kann nichts Bestimmtes gefolgert werden; und wenn wir zu irgend einem Zwecke über den früheren Zustand unserer Erdkugel und über die Folge von Ereignissen nachforschen wollen, welche von Zeit zu Zeit die Beschaffenheit und Gestalt ihrer Oberfläche verändert haben mögen, so müssen wir unsern Blick auf einen viel engeren Kreis und auf Gegenstände beschränken, die viel mehr im Bereich unserer Fassungskraft liegen, als die Erschaffung der Welt oder deren Annahme ihrer gegenwärtigen Gestalt. Dieses waren zwar die Lieblingsspeculationen einer nun erloschenen Gattung von Geologen; aber die Wissenschaft selbst hat, eben erst seit einem halben Jahr-

hundert, einen wesentlich verbesserten Character angenommen, und ist endlich wirklich in die Reihe der inductiven Wissenschaften eingeführt worden. Die Geologen verwirren nicht mehr ihre Einbildungskraft mit ungereimten Theorien von der Entstehung der Erde aus dem Chaos oder von ihrem Durchgange durch eine Reihe hypothetischer Verwandlungen, sondern streben vielmehr nach einer sorgsamen und genauen Prüfung der Spuren ihres früheren Zustandes, welche sie dem ganzen äußeren Ansehn ihrer gegenwärtigen Oberfläche unzerstörbar aufgedrückt finden, und der Beweise früherer Belebung und Bewohnung, welche die in ihren Schichten eingebetteten und aufbewahrten organischen Ueberreste unbestreitbar darbieten.

315) Die Urkunden dieser Art sind weder selten, noch unbestimmt, und obgleich die Veraltung ihrer Sprache uns leicht zu Mißverständnissen führen kann und auch ohne Zweifel oft führt, wenn wir sie zu genau auszulegen uns bemühen, so ist doch im Ganzen ihre allgemeine Bedeutung unzweideutig und befriedigend. Solche Documente belehren uns, in Ausdrücken, die zu deutlich sind, um mißverstanden werden zu können, daß alles oder beinahe alles gegenwärtig feste Land sich vormals am Boden des Meeres befand, wo es in Folge der Versenkung und Zertrümmerung anderer jetzt nicht mehr vorhandener Continente mit Niederschlägen von verschiedenen Stoffen bedeckt wurde; und Aufbewahrungsräume, sowohl für die Reste von über ihm lebenden Seethieren und Seepflanzen, als auch für ähnliche Trümmer von Landbewohnern, die in seinen Busen geschwemmt wurden, darbot.

316) Diese Ueberbleibsel werden gelegentlich zu Tage gefördert und ihre Untersuchung hat einen unbestreitbaren Beweis geliefert von einem früheren, weit von dem, was die Erde jetzt trägt, verschiedenen Zustande der belebten

Natur, und von einer vor dem Erscheinen der Menschen vorübergegangenen Periode, oder in der That vielmehr einer Reihe vorübergegangener Perioden von unbekannter Dauer, in denen Land und Meer mit Formen des animalischen und vegetabilischen Lebens angefüllt waren, welche allmählig verschwunden sind und anderen Platz gemacht haben, die ihrerseits wieder neuen Geschlechtern weichen mußten, und so fort unter zunehmender Annäherung an die Geschlechter ihrer gegenwärtigen Bewohner bis zu solchen, deren Gegenstücke noch existiren.

317) Diese Trümmer eines früheren Zustandes der Natur, so wunderbar (gleich alten Münzen und Inschriften in den Ruinen eines Reichs) erhalten, verschaffen uns eine rohe Art von Chronologie, durch deren Hülfe die successiven Niederschläge der Schichten, in denen sie gefunden werden, nach mehr oder minder bestimmten Epochen bezeichnet werden können, deren jede durch irgend eine Eigenthümlichkeit characterisirt wird, die uns in den Stand setzt, die Niederschläge einer jeden Periode, in welcher Gegend der Erde wir sie auch finden mögen, zu erkennen. Und so weit die Forschungen bis jetzt reichen, scheint die Ordnung der Aufeinanderfolge, in welcher diese Niederschläge gebildet worden, überall auf der Erde die nämliche gewesen zu sein.

318) Viele von den Schichten, welche auf diese Weise augenscheinliche Zeichen von ihrer einstigen Ablagerung auf den Meeresgrund, und folglich von ihrer ursprünglich horizontalen Lage an sich tragen, werden jetzt in einer gegen den Horizont sehr geneigten, ja sogar hin und wieder in einer ganz aufgerichteten Stellung angetroffen; und eben so liefern uns ihre häufige Verbiegung und Zerreißung, die Ortsveränderung einst zusammenhängender Theile und das Vorkommen großer Anhäufungen von zertrümmerten Bruchstücken augenfällige Beweise aller Art von einer ungeheuren

Gewalt, welche bei der Hervorbringung wenigſtens einiger der ſtattgehabten Veränderungen thätig geweſen ſein muß.

319) Zwiſchen den Feldmaſſen, welche dieſe innere Evidenz eines ſubmarinen Niederſchlags beſitzen, kommen andere vor, die ſolche Anzeigen nicht enthalten, ſondern vielmehr auf alle Weiſe den Anſchein einer Entſtehung durch Vulcane oder durch irgend eine andere Wirkungsart des Feuers haben, und es finden ſich in jedem Theile der Erde und in Schichten von jedem Alter Beweiſe einer ſolchen Wirkung in ſolcher Menge und von ſolcher Ausdehnung, daß dadurch die Vulcane und Erdbeben als Agentien erſcheinen, welche die Werkzeuge zur Hervorbringung der Niveauveränderungen und gewaltſamen Dislocationen, die unſerer Wahrnehmung zufolge ſtattgefunden haben, geweſen ſein mögen.

320) Auf alle Fälle nehmen die Geologen, wenn ſie jene Veränderungen zu erklären verſuchen, nicht mehr, wie vormals, ihre Zuflucht zu rein hypothetiſchen Urſachen, wohin die Veränderung der Umdrehungsaxe der Erde, wodurch das Meer, vermöge einer Aenderung in der Lage des längeren und kürzeren Durchmeſſers des Erdſphäroids, zum Ueberſtrömen des Landes gebracht worden, ferner die Entſtehung von Fluthen durch die Anziehung plötzlich der Erde ſehr nahe kommender Cometen, und andere phantaſtiſche und willkührliche Hypotheſen gehören. Vielmehr bemühen ſie ſich, ſich auf eine ſorgfältige Betrachtung augenſcheinlich noch jetzt wirkender Urſachen zu beſchränken, zu ermitteln, in wie weit dieſe hinreichen, die beobachteten Thatſachen zu erklären, und dadurch auf geſetzmäßige Weiſe diejenigen Wirkungen, welche jenen Urſachen nicht zugeſchrieben werden können, als reſiduelle Phänomene ans Licht zu ziehen. Wenn dieſes einigermaaßen durchgeführt ſein wird, werden wir im Stande ſein, mit größerer Sicherheit, als jetzt,

über die Nothwendigkeit der Annahme einer langen Folge von furchtbaren und verwüstenden Catastrophen und Ueberschwemmungen zu entscheiden, — Epochen von schrecklicher Verwirrung und Gewalt, welche manche Geologen (vielleicht mit Recht) als unentbehrlich zur Erklärung der gegenwärtigen Gestaltung der Erde betrachten. Wir werden unterscheiden lernen zwischen den Wirkungen, zu deren Hervorbringung die plötzliche Anwendung erschütternder und zerbrechender Kräfte erfordert wird, und den, vielleicht nicht weniger ausgedehnten Veränderungen, welche durch gleich gewaltige oder noch stärkere Kräfte hervorgebracht worden sein mögen, die aber mit weniger Unregelmäßigkeit thätig und der Zeit nach so vertheilt gewesen sind, daß sie keine solche Interregna chaotischer Anarchie, die wir (vielleicht irrig) uns als große Störungen einer so schönen und harmonischen Ordnung, wie die der Natur ist, zu denken geneigt sind, herbeigeführt haben.

321) Aber die Wirkungen der jetzt thätigen Ursachen richtig zu schätzen ist für den Geologen keine leichte Aufgabe. Es giebt kein apriorisches oder deductives Verfahren, durch welches wir zum Beispiel den Betrag der jährlichen Verminderung eines Festlandes durch die Wirksamkeit meteorischer Agentien, als Regen, Wind, Frost ꝛc., oder den Umfang der durch die unmittelbare Gewalt des Meeres an seinen Küsten hervorgebrachten Zerstörung, oder die Menge der jährlich auf der ganzen Erdoberfläche von Vulcanen ausgeworfenen Lava, oder irgend einen andern Effect abzuschätzen vermöchten. Die Erfahrung aber über alle solche Punkte zu befragen ist, wenn es gründlich geschieht, ein langsames und mühsames, und, wenn es nur theilweise geschieht, ein sehr trügerisches Verfahren. Vieles muß daher jetzt der Meinung und jenem hell urtheilenden Tact, welcher zuweilen der Erfahrung voraneilt, über-

war eine sehr beschränkte Bekanntschaft mit einigen wenigen der vorzüglichsten hinreichend. Hipparch war der erste Astronom, welcher, durch die Erscheinung eines neuen Sterns angeregt, den Gedanken faßte, ein Verzeichniß der Sterne aufzustellen, welches geeignet wäre als eine astronomische Urkunde zu dienen, »woraus«, sagt Plinius, »die Nachwelt entdecken könne, nicht nur ob die Sterne geboren werden und sterben, sondern auch ob sie ihre Stellen verändern, und ob sie zu- oder abnehmen.« Er stellte dieses Verzeichniß, welches über 1000 Sterne enthielt, um 128 vor Chr. auf. Während der mühsamen Discussion seiner eignen und früherer Beobachtungen derselben, die er mit Rücksicht auf die Aufstellung dieses Verzeichnisses unternahm, erkannte er durch Ausmittelung der Sternörter in verschiedenen Epochen zur Nachtgleichenzeit, die Thatsache jenes langsamen, allgemeinen Vorrückens aller Sterne nach Osten, welches unter dem Namen des Vorrückens der Nachtgleichen bekannt ist, und welches Newton gelang auf eine, durch die Anziehung der Sonne und des Mondes hervorgebrachte, Bewegung der Erdaxe zurückzuführen.

307) Seit Hipparch sind in verschiedenen Zeitperioden in der Geschichte der Astronomie Sternverzeichnisse aufgestellt worden, unter denen das 1437 von Ulugh Begh entworfene, welches ungefähr 1000 Sterne enthält, als das Werk eines souverainen Fürsten, der persönlich mit seinen Astronomen arbeitete, und das 1600 von Tycho Brahe entworfene, welches 777 Sterne enthält, als durch ein Phänomen, ähnlich demjenigen, welches Hipparch's Aufmerksamkeit auf sich zog, zunächst veranlaßt, merkwürdig sind. In neueren Zeiten haben die Astronomen, versorgt mit den vollendetsten Instrumenten, die ihre Zeitalter darzubieten vermochten, und eingerichtet in Observatorien, die von den Souverainen und Regierungen verschiedener europäischer Na-

tionen freigebig ausgestattet wurden, mit einander gewetteifert, und wetteifern fortwährend in der Vermehrung der Anzahl der in die Verzeichnisse eingetragenen Sterne und in der Verwendung einer äußersten Sorgfalt auf die Bestimmung ihrer Oerter. Es würde undankbar sein, bei dieser Gelegenheit die vortreffliche Reihe von Beobachtungen nicht besonders zu erwähnen, welche unter mehreren unermüdlichen und verdienstvollen Astronomen seit langer Zeit aus dem Observatorio zu Greenwich hervorgegangen sind.

308) Die Entfernung der Fixsterne ist so ungeheuer, daß jeder Versuch, eine Grenze anzugeben, welche sie nicht übersteigen könne, bisher mißglückt ist. Zu allen Zeiten haben die Astronomen sich bemüht, diese Entfernung zu ermitteln, wobei sie die Dimensionen unsers Planetensystems oder der Erde selbst zur Einheit des Maaßstabes annahmen, mit welchem sie gemessen werden könne. Aber obgleich Manche geglaubt haben, daß ihre Beobachtungen Gründe zur Entscheidung dieses interessanten Punctes darböten, so hat sich doch immer ergeben, daß die Phänomene, auf die sie sich stützten, entweder auf andere vorher unbekannte Ursachen, welche erst durch die hohe Genauigkeit ihrer Untersuchungen ans Licht gezogen wurden, zurückzuführen sind, oder auf Irrthümern beruhen, die aus Unvollkommenheiten der Instrumente und unvermeidlichen Fehlern der Beobachtungen selbst entsprungen waren.

309) Die einzige Anzeige, die wir von der wirklichen Entfernung eines Sterns zu erlangen erwarten können, würde in einer der Bewegung der Erde um die Sonne entsprechenden jährlichen Aenderung seines scheinbaren Orts, seiner jährlichen Parallaxe, bestehen, welche nichts anderes ist, als das Maaß der scheinbaren Größe der Erdbahn, wie sie von dem Sterne aus gesehen wird. Manche Beobachter haben eine meßbare Größe dieser Parallaxe zu

entdecken geglaubt, aber mit der allmähligen Vervollkommnung der astronomischen Instrumente fanden die von den Beobachtern nach einander für sie angegebenen Größen sich in immer engeren Grenzen eingeschlossen, und es hat sich noch stets erwiesen, daß sie mit den Fehlern, welche den gebrauchten Instrumenten füglich zugeschrieben werden können, zusammenfallen. Wir werden dadurch zu dem Schluß gezwungen, daß die gesuchte Größe in der That zu klein ist, um mit den bis jetzt dafür vorhandenen Hülfsmitteln bestimmt gemessen werden zu können, und daß daher die Entfernung der Fixsterne eine Größe von einer Ordnung sein muß, vor deren Vorstellung die Einbildungskraft zurückschrickt. Aber diese Vergrößerung unserer Dimensionsscale ruft eine entsprechende Begriffserweiterung in jeder anderen Hinsicht hervor. Dasselbe Raisonnement, welches die Fixsterne in eine so unermeßliche Entfernung setzt, vergrößert sie auch zugleich zu mächtigen, unserer eigenen Sonne ähnlichen und selbst sie weit übertreffenden Körpern, die vielleicht die Mittelpunkte anderer Planetensysteme sind, oder Zwecke erfüllen, von denen wir uns nach allem, was unmittelbar um uns her vorgeht, durch Analogie keine Vorstellung machen können.

310) Die Vergleichung der zu verschiedenen Zeiten herausgegebenen Sternverzeichnisse hat manche seltsame Bemerkungen über den Ort und Glanz der Sterne und die Entdeckung mehrerer veränderlicher, die ihr Licht periodisch verlieren und wiederbekommen, so wie eines so gänzlichen Verschwindens anderer, daß von ihnen keine selbst mit kräftigen Fernröhren zu erkennende Spur am Himmel zurückgeblieben ist, veranlaßt. In eben dem Verhältniß, in welchem die Construction der astronomischen und optischen Instrumente vervollkommnet worden ist, ist auch unsere Kenntniß von dem Inhalt des Himmelsraums erweitert worden,

und hat zugleich einen Grad von Genauigkeit erlangt, der in früheren Zeiten nicht hätte geahnet werden können. Die Oerter aller Hauptsterne in der nördlichen und vieler derselben in der südlichen Hemisphäre sind gegenwärtig mit einer solchen Schärfe bestimmt, daß sich unfehlbar jede unter ihnen etwa vorhandene wirkliche Bewegung entdecken lassen muß. In der That hat man zu oft wiederholten Malen Bewegungen unter ihnen wahrgenommen, von denen einige sehr merkwürdig sind.

311) Indessen hat man erst seit einer vergleichungsweise neueren Zeit eine größere Aufmerksamkeit auf die kleineren Sterne verwandt, unter denen man ohne Zweifel früher oder später die interessantesten und lehrreichsten Phänomene auffinden wird. Die genaue Untersuchung derselben mit kraftvollen Teleskopen und mit zur Bestimmung ihres Orts geeigneten feinen Instrumenten hat in der That bereits ungeheure Verzeichnisse und Massen von Beobachtungen, worin Tausende von dem unbewaffneten Auge unsichtbaren Sternen enthalten sind, hervorgebracht, zur Entdeckung unzähliger wichtiger und merkwürdiger Thatsachen geführt, und ganze Classen himmlischer Gegenstände von einer so wundervollen Beschaffenheit aufgeschlossen, daß dadurch für eine unbeschränkte Speculation über die Größe und den Bau des Weltalls Raum gewonnen ist.

312) Unter diesen sind vielleicht die merkwürdigsten die sich umkreisenden Doppelsterne, Sterne, welche dem bloßen Auge und in schwachen Fernröhren einfach erscheinen, durch Instrumente von starker Vergrößerungskraft gesehen aber als zwei äußerst nahe bei einander stehende Individuen erkannt werden, von denen manche, wie eine fortgesetzte Beobachtung ergeben hat, in regelmäßigen elliptischen Bahnen einander umkreisen, und, soweit wir bis jetzt es auszumitteln im Stande gewesen sind, dieselben Gesetze,

hundert, einen wesentlich veränderten Character angenommen, und ist endlich wirklich in die Reihe der inductiven Wissenschaften eingeführt worden. Die Geologen verwirren nicht mehr ihre Einbildungskraft mit ungereimten Theorien von der Entstehung der Erde aus dem Chaos oder von ihrem Durchgange durch eine Reihe hypothetischer Verwandlungen, sondern streben vielmehr nach einer sorgsamen und genauen Prüfung der Spuren ihres früheren Zustandes, welche sie dem ganzen äußeren Ansehn ihrer genenwärtigen Oberfläche unzerstörbar aufgedrückt finden, und der Beweise früherer Belebung und Bewohnung, welche die in ihren Schichten eingebetteten und aufbewahrten organischen Ueberreste unbestreitbar darbieten.

315) Die Urkunden dieser Art sind weder selten, noch unbestimmt, und obgleich die Veraltung ihrer Sprache uns leicht zu Mißverständnissen führen kann und auch ohne Zweifel oft führt, wenn wir sie zu genau auszulegen uns bemühen, so ist doch im Ganzen ihre allgemeine Bedeutung unzweideutig und befriedigend. Solche Documente belehren uns, in Ausdrücken, die zu deutlich sind, um mißverstanden werden zu können, daß alles oder beinahe alles gegenwärtig feste Land sich vormals am Boden des Meeres befand, wo es in Folge der Versenkung und Zertrümmerung anderer jetzt nicht mehr vorhandener Continente mit Niederschlägen von verschiedenen Stoffen bedeckt wurde; und Aufbewahrungsräume, sowohl für die Reste von über ihm lebenden Seethieren und Seepflanzen, als auch für ähnliche Trümmer von Landbewohnern, die in seinen Busen geschwemmt wurden, darbot.

316) Diese Ueberbleibsel werden gelegentlich zu Tage gefördert und ihre Untersuchung hat einen unbestreitbaren Beweis geliefert von einem früheren, weit von dem, was die Erde jetzt trägt, verschiedenen Zustande der belebten

Natur, und von einer vor dem Erscheinen der Menschen vorübergegangenen Periode, oder in der That vielmehr einer Reihe vorübergegangener Perioden von unbekannter Dauer, in denen Land und Meer mit Formen des animalischen und vegetabilischen Lebens angefüllt waren, welche allmählig verschwunden sind und anderen Platz gemacht haben, die ihrerseits wieder neuen Geschlechtern weichen mußten, und so fort unter zunehmender Annäherung an die Geschlechter ihrer gegenwärtigen Bewohner bis zu solchen, deren Gegenstücke noch existiren.

317) Diese Trümmer eines früheren Zustandes der Natur, so wunderbar (gleich alten Münzen und Inschriften in den Ruinen eines Reichs) erhalten, verschaffen uns eine rohe Art von Chronologie, durch deren Hülfe die successiven Niederschläge der Schichten, in denen sie gefunden werden, nach mehr oder minder bestimmten Epochen bezeichnet werden können, deren jede durch irgend eine Eigenthümlichkeit characterisirt wird, die uns in den Stand setzt, die Niederschläge einer jeden Periode, in welcher Gegend der Erde wir sie auch finden mögen, zu erkennen. Und so weit die Forschungen bis jetzt reichen, scheint die Ordnung der Aufeinanderfolge, in welcher diese Niederschläge gebildet worden, überall auf der Erde die nämliche gewesen zu sein.

318) Viele von den Schichten, welche auf diese Weise augenscheinliche Zeichen von ihrer einstigen Ablagerung auf den Meeresgrund, und folglich von ihrer ursprünglich horizontalen Lage an sich tragen, werden jetzt in einer gegen den Horizont sehr geneigten, ja sogar hin und wieder in einer ganz aufgerichteten Stellung angetroffen; und eben so liefern uns ihre häufige Verbiegung und Zerreißung, die Ortsveränderung einst zusammenhängender Theile und das Vorkommen großer Anhäufungen von zertrümmerten Bruchstücken augenfällige Beweise aller Art von einer ungeheuren

Gewalt, welche bei der Hervorbringung wenigstens einiger der ſtattgehabten Veränderungen thätig geweſen ſein muß.

319) Zwiſchen den Felsmaſſen, welche dieſe innere Evidenz eines ſubmarinen Niederſchlags beſitzen, kommen andere vor, die ſolche Anzeigen nicht enthalten, ſondern vielmehr auf alle Weiſe den Anſchein einer Entſtehung durch Vulcane oder durch irgend eine andere Wirkungsart des Feuers haben, und es finden ſich in jedem Theile der Erde und in Schichten von jedem Alter Beweiſe einer ſolchen Wirkung in ſolcher Menge und von ſolcher Ausdehnung, daß dadurch die Vulcane und Erdbeben als Agentien erſcheinen, welche die Werkzeuge zur Hervorbringung der Niveauveränderungen und gewaltſamen Dislocationen, die unſerer Wahrnehmung zufolge ſtattgefunden haben, geweſen ſein mögen.

320) Auf alle Fälle nehmen die Geologen, wenn ſie jene Veränderungen zu erklären verſuchen, nicht mehr, wie vormals, ihre Zuflucht zu rein hypothetiſchen Urſachen, wohin die Veränderung der Umdrehungsaxe der Erde, wodurch das Meer, vermöge einer Aenderung in der Lage des längeren und kürzeren Durchmeſſers des Erdſphäroids, zum Ueberſtrömen des Landes gebracht worden, ferner die Entſtehung von Fluthen durch die Anziehung plötzlich der Erde ſehr nahe kommender Cometen, und andere phantaſtiſche und willkührliche Hypotheſen gehören. Vielmehr bemühen ſie ſich, ſich auf eine ſorgfältige Betrachtung augenſcheinlich noch jetzt wirkender Urſachen zu beſchränken, zu ermitteln, in wie weit dieſe hinreichen, die beobachteten Thatſachen zu erklären, und dadurch auf geſetzmäßige Weiſe diejenigen Wirkungen, welche jenen Urſachen nicht zugeſchrieben werden können, als reſiduelle Phänomene ans Licht zu ziehen. Wenn dieſes einigermaaßen durchgeführt ſein wird, werden wir im Stande ſein, mit größerer Sicherheit, als jetzt,

über die Nothwendigkeit der Annahme einer langen Folge von furchtbaren und verwüstenden Catastrophen und Ueberschwemmungen zu entscheiden. — Epochen von schrecklicher Verwirrung und Gewalt, welche manche Geologen (vielleicht mit Recht) als unentbehrlich zur Erklärung der gegenwärtigen Gestaltung der Erde betrachten. Wir werden unterscheiden lernen zwischen den Wirkungen, zu deren Hervorbringung die plötzliche Anwendung erschütternder und zerbrechender Kräfte erfordert wird, und den vielleicht nicht weniger ausgedehnten Veränderungen, welche durch gleich gewaltige oder noch stärkere Kräfte hervorgebracht worden sein mögen, die aber mit weniger Unregelmäßigkeit thätig und der Zeit nach so vertheilt gewesen sind, daß sie keine solche Interregna chaotischer Anarchie, die wir (vielleicht irrig), uns als große Störungen einer so schönen und harmonischen Ordnung, wie die der Natur ist, zu denken geneigt sind, herbeigeführt haben.

321) Aber die Wirkungen der jetzt thätigen Ursachen richtig zu schätzen ist für den Geologen keine leichte Aufgabe. Es giebt kein apriorisches oder deductives Verfahren, durch welches wir zum Beispiel den Betrag der jährlichen Verminderung eines Festlandes durch die Wirksamkeit meteorischer Agentien, als Regen, Wind, Frost ꝛc., oder den Umfang der durch die unmittelbare Gewalt des Meeres an seinen Küsten hervorgebrachten Zerstörung, oder die Menge der jährlich auf der ganzen Erdoberfläche von Vulcanen ausgeworfenen Lava, oder irgend einen andern Effect abzuschätzen vermöchten. Die Erfahrung aber über alle solche Punkte zu befragen ist, wenn es gründlich geschieht, ein langsames und mühsames, und, wenn es nur theilweise geschieht, ein sehr trügerisches Verfahren. Vieles muß daher jetzt der Meinung und jenem hell urtheilenden Tact, welcher zuweilen der Erfahrung voraneilt, über-

lassen werden, aber dieß hindert uns nicht, uns auf alle Weise möglichst anzustrengen, genaue Belehrung über solche Puncte zu erlangen, wodurch die Geologie allein, wenn nicht zu einer experimentellen Wissenschaft, doch wenigstens zu einer Wissenschaft von derjenigen Art activer Beobachtung erhoben werden kann, welche da, wo wirkliches Experiment unmöglich ist, sich jener doch am meisten nähert.

322) Wir wollen, zum Beispiel, einmal die Frage aufstellen: »Welches ist die Richtung, in welcher gegenwärtig Veränderungen des relativen Niveaus zwischen den vorhandenen Continenten und Meeren vorgehen«? Befragen wir die partielle Erfahrung, das ist, alle die Nachrichten, welche wir über alte Seemarken, Senkungen ꝛc. besitzen, so werden wir uns nur durch eine Masse widersprechender, weil unvollkommener, Zeugnisse irre geführt finden. Offenbar besteht das einzige Mittel zur Entscheidung dieses Punctes darin, daß wir uns sehr genauen und sorgfältigen Beobachtungen auf besonderen Standpunkten an Küsten, die an Stellen, wo natürliche und wenigstens im Laufe eines Jahrhunderts keiner Veränderung unterworfene Merkzeichen vorhanden sind, ausgewählt werden, die wahre Höhe solcher Zeichen über dem mittleren Niveau des Meeres bestimmen, und diese Beobachtungspuncte über die ganze Erde in solcher Menge vertheilen, daß sie uns eine wahrhaft gründliche Belehrung zu verschaffen vermögen. Aber dieß ist (besonders hinsichtlich der erforderlichen Genauigkeit) kein leichtes Werk; denn das mittlere Niveau des Meeres kann so wenig, als der mittlere Barometerstand an einem gegebenen Orte durch eine einzelne Beobachtung bestimmt werden, da beide periodischen und zufälligen Schwankungen, die ihre Entstehung Fluthen, Winden, Wellen und Strömungen verdanken, unterworfen sind.

Wenn jedoch ein dem Zwecke angemessenes, leicht zu erlangendes Instrument construirt, und mit den nöthigen Gebrauchsregeln sorgfältig versehen würde, so würden wir (bei der Thätigkeit der auf der Erde überall zerstreuten Beobachter) ohne Zweifel bald zum Besitz einer höchst werthvollen Masse von Belehrung gelangen, welche der künftigen Generation einen Ausgangspunkt und eine Grundlage für die einzige Art der Beweisführung, die über solche Gegenstände jemals kündig sein kann, verschaffen würde.

323) Die Geologie steht hinsichtlich der Größe und Erhabenheit der von ihr behandelten Gegenstände in der Reihe der Wissenschaften unstreitig der Astronomie am nächsten. Gleich dieser hängt auch ihr Fortschritt von der beständigen Anhäufung von durch ganze Zeitalter fortgesetzten Beobachtungen ab. Aber man kann, wenn man den ganzen Umfang des zu erforschenden Gegenstandes in Betracht zieht, sagen, daß, ungleich der Astronomie, die Beobachtungen, von denen die Geologie abhängt, kaum mehr als begonnen sind. Endlich besteht zwischen beiden noch der wichtige Unterschied, daß, während es in der Geologie unmöglich ist, Vergangenes zurückzurufen oder Künftiges vorherzusagen, und die Beobachtung bei ihr folglich auf eine einzelne Thatsache in einem einzelnen Augenblick beschränkt ist, in der Astronomie die Documente des Vergangenen immer gegenwärtig sind; — sie können untersucht und wieder untersucht werden, so oft es uns gefällt, und erfordern nichts als Fleiß und Beurtheilungskraft, um uns in den Besitz ihres ganzen Inhalts zu setzen. Nur ein sehr kleiner Theil der Erdoberfläche ist indessen im Einzelnen genau untersucht worden, und selbst von diesem vermögen wir nur die äußere Schale vermittelst jener Aushöhlungen zu durchbrechen, die wir als bis in die Eingeweide der Erde dringend uns vorzustellen geneigt sind, da doch

die tiefsten Gruben, die jemals niedergesenkt worden sind, nur einen Riss erreichen, der kaum den zehntausendsten Theil des Abstandes der Oberfläche vom Mittelpuncte der Erde übertreffen. Daher können Inductionen, die auf eine so beschränkte Untersuchung gegründet werden, nur als vorläufige angesehen werden, ausgenommen in den merkwürdigen Fällen, wo dieselben grossen Formationen in derselben Ordnung in sehr entlegenen Gegenden und ohne Ausnahme aufgefunden worden sind. Dieß kann indessen nicht mehr lange so bleiben. Der Geist, mit welchem der Gegenstand seit vielen Jahren in unserm eigenen Lande verfolgt worden ist, ist mit einer so reichen Ernte überraschender und unerwarteter Entdeckungen belohnt worden, und hat die Erforschung unserer Inseln so im Einzelnen veranlasst, dass dadurch ein entsprechender Geist bei unseren Nachbaren auf dem Continente rege geworden ist, während derselbe Eifer, der unsere Landsleute an ihrem vaterländischen Gestade beseelt, sie auch in die Ferne begleitet, und bereits angefangen hat, den Grund zu einer Belehrung über die Geologie unserer Besitzungen in Indien sowohl, als jedes anderen Punctes zu legen, wohin englische Intelligenz und Forschung vordringen können.

324) Nichts ist mehr zu wünschen, als dass für solche Untersuchungen, und in der That für wissenschaftliche Bestrebungen jeder Art den erleuchteten, im Auslande wohnenden oder reisenden Personen durch die Repräsentanten unserer Nation, so weit unsere Macht nur reicht, jede mögliche Erleichterung und Belebung zu Theil werden möchte. Nur durch jene kann unsere Kenntniß von dem gegenwärtigen Zustande der Erdoberfläche und von den Thieren und Pflanzen der vormaligen Continente und Meere erweitert und vervollkommnet werden, während eine vollständigere Belehrung über den Habitus der gegenwärtig lebenden und über

dem Einfluß der Veränderungen des Climas, der Nahrung und anderer Umstände auf sie, als wir bis jetzt besitzen; unseren Nachforschungen über die ausgestorbenen, wie wir erwarten dürfen, wesentlichen Beistand leisten wird.

Vierter Theil.

Von der Untersuchung der materiellen Bestandtheile der Welt.

Mineralogie.

325) Die Betrachtung der Geschichte und des Baues unserer Erdkugel und die Untersuchung des fossilen Inhalts ihrer Schichten führt uns natürlich darauf, die Stoffe, aus denen sie besteht, näher zu untersuchen. Die Geschichte dieser Stoffe, ihre Eigenschaften als Gegenstände einer wissenschaftlichen Forschung, ihre Anwendung in den nützlichen Künsten und zur Verschönerung des Lebens, und die Merkmale, wodurch sie mit Sicherheit von einander unterschieden werden können, bilden den Gegenstand der Mineralogie im weitesten Sinne.

326) Kein anderer Zweig der Wissenschaft bietet so viele Berührungspuncte mit anderen Theilen der naturwissenschaftlichen Forschung dar, und dient so vielen getrennten Puncten derselben als Verbindungsglied, als die Mineralogie. Dem Geologen, dem Chemiker, dem Optiker, dem

Crystallographen, dem Physiker bietet sie besonders die wahren Elemente ihres Wissens und ein Feld für manche ihrer merkwürdigsten und wichtigsten Forschungen dar. Auch hat, die Chemie ausgenommen, kein anderer Wissenschaftszweig mehr Umwälzungen erfahren, oder ist in einer größeren Verschiedenheit von Formen dargestellt worden. Den Alten war sie überhaupt kaum bekannt, kann man sagen, und bis zu einer vergleichungsweise noch neuen Zeit war nichts unvollkommner, als ihre Beschreibungen, nichts unkünstlicher und unnatürlicher, als ihre Classificationen. Den für die Künste wichtigeren Mineralien zwar, wie solchen, die zu ökonomischen Zwecken dienten, und solchen, aus denen Metalle gewonnen wurden, hatte man ihrer allgemeinen Nutzbarkeit und ihres Handelswerths wegen, so wie den Edelsteinen wegen ihrer Verwendung zum Schmuck einen gewissen Grad von Aufmerksamkeit gewidmet. Aber ehe nicht ihre Crystallgestalten aufmerksam beobachtet, und als bestimmmte zuverlässige Merkmale derselben erkannt wurden, vermochte kein Mineralog über die richtige Unterscheidung eines Minerals von dem anderen irgend genügende Rechenschaft zu geben. (§. 327) Doch erst nachdem die chemische Analyse einen gewissen Grad von Genauigkeit und allgemeiner Anwendbarkeit erlangt hatte, begann die Wichtigkeit der Mineralogie als Wissenschaft und die Verknüpfung zwischen den äußeren Merkmalen eines Mineralkörpers und seinen inneren Bestandtheilen bestimmt erkannt zu werden. Unter diesen Merkmalen besaßen jedoch, wie man fand, keine anderen eine so ausgezeichnete Bestimmtheit, als die Crystallgestalt, ein Merkmal, welches im höchsten Grade geometrisch ist, und, wie man natürlich voraussetzen durfte, die strengste Evidenz seines nothwendigen Zusammenhangs mit der inneren Zusammensetzung der Substanz gewährt. Die ganze Wichtigkeit dieses Merkmals wurde jedoch nicht eher em-

pfunden, als bis seine Verknüpfung mit der Textur oder Spaltbarkeit des Minerals ausgemittelt worden war, und selbst dann bedurfte es noch zahlreicher und schlagender Beispiele von der kritischen Unterscheidungskraft Hauy's und anderer ausgezeichneter Mineralogen, deren auf die Messungen der Winkel von Crystallen, die man für identisch gehalten hatte, gegründete Vorhersagung, daß man Verschiedenheiten in der chemischen Zusammensetzung derselben auffinden werde, durch das Ergebniß angestellter Versuche vollständig erfüllt wurden, ehe der wesentliche Werth dieses Merkmals anerkannt wurde. Dieß war ohne Zweifel großentheils eine Folge von der hohen Bedeutung, welche die deutschen Mineralogen jenen äußerlichen Merkmalen des Gefühls, des Ansehens, des Gewichts, der Farbe und anderer sinnlichen Eigenschaften beilegten, welche alle mit Ausnahme des Gewichts, wenig einer genauen Bestimmung fähig und selbst wesentlichen Abänderungen bei verschiedenen Individuen desselben Minerals unterworfen sind. Allmählig wurde jedoch die Nothwendigkeit, einem so bestimmten Merkmale ein großes Gewicht beizulegen, zugegeben, besonders als man in Betrachtung zog, daß der nämliche Schritt, wodurch der innige Zusammenhang zwischen der äußeren Gestalt und der inneren Structur ausgemittelt worden, den Mineralogen auch das Mittel, alle Formen, die ein Mineral anzunehmen vermag, auf einen allgemeinen Typus oder eine primitive Form zurückzuführen, verschaffte, und die Grundlage zu einer eleganten theoretischen Erklärung der ursprünglichen Annahme bestimmter Gestalten von Seiten der Mineralkörper darbot.

328) Eine einfache und elegante Erfindung Wollaston's, das Reflexionsgoniometer, gab derjenigen Ansicht der Mineralogie, welche die Crystallgestalt zum wesentlichen oder leitenden Merkmal macht, einen neuen Impuls da-

durch, daß sie Jeden in den Stand setzte, durch die Untersuchung selbst des kleinsten Bruchstücks eines Crystalls jenes wesentliche Merkmal auszumitteln und zu bestätigen, von welchem in dem Hauy'schen System die Identität eines Minerals abhängig gemacht wurde. Die Anwendung einer so leichten und genauen Methode führte schnell zu wichtigen Resultaten und zu einer vorher unerreichbaren Schärfe in der Bestimmung einer Mineralspecies; und die diesen Resultaten durch die chemische Analyse verliehene Bestätigung drückte ihnen einen entschiedenen und wissenschaftlichen Character auf, den sie seitdem stets bewahrt haben.

329) Unterdessen hatten die Fortschritte der chemischen Analyse zu der wichtigen Folgerung geführt, daß jede eines festen Zustandes fähige chemische Verbindung bei ihrer Erstarrung eine bestimmte crystallinische Form annehme; und die Fortschritte der optischen Wissenschaft hatten gezeigt, daß die crystallinische Grundform, wenigstens bei durchsichtigen Körpern, eine Reihe optischer Eigenschaften bedinge, welche eben so merkwürdig, als wichtig in Beziehung auf die Affectionen des Lichts bei seinem Durchgange durch solche Substanzen sind. So erlangte dieses Merkmal in jeder Hinsicht einen Zuwachs von Wichtigkeit, und das Studium der Crystallformen der Körper überhaupt nahm die Form eines getrennten und unabhängigen Zweiges der Wissenschaft an, worin die geometrischen Formen der unorganischen Natur nur besondere Fälle ausmachten. Indessen bleibt die Mineralogie als ein Zweig der Naturgeschichte sowohl von der Optik, als von der Crystallographie bestimmt unterschieden. Der Mineralog ist zufrieden und hält, wenn auch nicht als Naturhistoriker, doch wenigstens als Classificirer und Ingrdner seine Aufgabe für gelöst, wenn er nur eine solche characteristische Beschreibung eines Minerals giebt, die es von jedem anderen wirksam unterscheidet und Jeden, wo

auf der Erde er auch einen solchen Körper antreffen mag, in den Stand setzt, ihn mit seinem Namen zu belegen, ihm eine Stelle in seinem System anzuweisen, und aus seinen Büchern eine weitere Belehrung über alles das, was er als Chemiker, Optiker, Steinschneider oder Künstler zu wissen verlangen mag, zu entnehmen. Doch ist dieß keine leichte Sache. Man kann kaum sagen, daß die mühsamen Forschungen der ausgezeichnetsten Mineralogen dieses wirklich vollführt haben; und die damit verbundene Schwierigkeit kann nach der kleinen Zahl einfacher Mineralien, oder Mineralien mit vollkommen bestimmten und wohl bezeichneten Merkmalen abgemessen werden, die bisher festgestellt worden sind. In der That kann man sich darüber nicht wundern, wenn man bedenkt, daß bei weitem der größere Theil der Gesteine, aus denen die äußere Erdrinde zusammengesetzt ist, aus nichts Anderem, als Anhäufungen von Trümmern älterer Massen besteht, in denen die unendlich verschiedensten Substanzen in Gestalt von Bruchstücken und Pulver in allen möglichen Verhältnissen und auf eine der Sonderung trotzende Weise zusammengemengt sind. Viele von diesen so zusammengesetzten Gesteinen kommen indessen in hinreichender Menge vor, und besitzen in ihren Merkmalen eine hinreichende Gleichförmigkeit, so daß sie mit Namen haben belegt und nützlich angewandt werden können; in der That übertreffen die Mineralien dieser Gattung in letzterer Hinsicht alle übrigen weit. Sie sind daher als Gegenstände der Naturgeschichte der Aufmerksamkeit wohl werth, so schwierig es auch sein mag, ihnen in einer künstlichen Anordnung eine Stelle anzuweisen.

330) Diese geringe Zahl einfacher Mineralien ist jedoch wahrscheinlich mehr scheinbar, als wirklich; und im Verhältniß, wie die Forschungen der Chemiker und Crystallographen sich weiter über die Natur verbreiten, werden sie

ohne Zweifel zahlreicher werden. In der That kann man kaum daran zweifeln, daß in den großen Werkstätten der Natur nicht faſt jede Art von chemiſchem Proceß, wodurch Verbindungen jeder Gattung beſtändig gebildet werden können, vor ſich gehen ſollte. Es iſt auch, in Uebereinſtimmung hiermit, bemerkt worden, daß die Laven und ausgeworfenen Schlacken der Vulcane Behälter ſind, in denen fortwährend vorher unbekannte Mineralproducte entdeckt werden, und daß die primitiven Formationen, wie ſie in der Geologie genannt werden, welche keine Merkmale der Entſtehung aus der Zerſtörung anderer an ſich tragen, auch hinſichtlich der Schönheit und Beſtimmtheit der Merkmale ihrer Mineralien merkwürdig ſind.

331) Die große Schwierigkeit, die man bei den Verſuchen, die Mineralkörper nach ihren chemiſchen Beſtandtheilen zu claſſificiren, erfahren hat, iſt daraus entſtanden, daß man in einigen Mineralien, die ſowohl in der Geſtalt, als auch in anderer Hinſicht eine ſolche Uebereinſtimmung zeigten, daß ſie für identiſch gehalten werden zu müſſen ſchienen, Beſtandtheile, welche der gewöhnlichen Zuſammenſetzung der Species fremd ſind, und zwar zuweilen in ſo großer Menge entdeckt hat, daß es nicht zuläſſig ſein würde, ihre Gegenwart als eine zufällige Verunreinigung zu betrachten. Dieſe Fälle ſowohl, wie einige bei der Claſſification der Mineralien nach ihren Cryſtallformen wahrgenommene Anomalien, welche anzudeuten ſchienen, daß dieſelbe Subſtanz zuweilen zwei verſchiedene Formen annehmen könne, und einige merkwürdige Uebereinſtimmungen unter den Formen in chemiſcher Beziehung völlig von einander abweichender Subſtanzen — haben in neuerer Zeit einen Zweig der Cryſtallographie von einer ſehr merkwürdigen und bedeutungsvollen Beſchaffenheit hervorgerufen. Der Iſomorphismus gewiſſer Gruppen von chemiſchen

Elementen hat uns bereits zu einem erläuternden Beispiele gedient, wie Inductionen zuweilen unerwartete Bestätigungen erhalten (180.). Die dadurch ans Licht gebrachten Gesetze und Beziehungen gehören zu den merkwürdigsten und interessantesten Theilen der neueren Wissenschaft, und scheinen bei weiterer Entwickelung einen weiten Spielraum für die Thätigkeit der chemischen und mineralogischen Forschung darzubieten. Sie haben bereits unzählige schöne Beispiele von jenem wichtigen Schritte in der Wissenschaft gegeben, durch welchen Anomalien vernichtet und gelegentliche Abweichungen unter allgemeineren Ausdrücken physicalischer Gesetze wieder vereinigt, und so dahin gebracht werden, vereint gerade den Ansichten, die sie bei ihrer ersten Wahrnehmung umzustoßen drohten, neue Unterstützung zu gewähren. Nichts kann in der That schlagender seyn, als zu sehen, wie der nämliche Bestandtheil, den alle früheren Chemiker und Mineralogen einstimmig als eine bloß zufällige Verunreinigung zu vernachlässigen und zu verwerfen geneigt waren, besonders hervorgezogen und zur Unterstützung einer Theorie herbeigerufen wird, welche ausdrücklich darauf gerichtet ist, die Wissenschaft unter allen Umständen von der Zumuthung, die offenbaren Resultate der directen Erfahrung zu vernachlässigen, zu befreien.

Chemie.

332) Die Gesetze, welche die innere Zusammensetzung der Körper betreffen, nicht was ihre Structur oder die Art der Zusammenfügung ihrer Theile, sondern was die Stoffe oder Bestandtheile, aus denen diese Theile zusammengesetzt sind, angeht, machen den Gegenstand der Chemie aus. Ein fester Körper kann als ein mehr oder minder regelmäßig und künstlich eingerichtetes Gebäude angesehen

werden, an welchem man die Materialien und die Arbeit gesondert betrachten kann, von denen die ersteren, wenn auch das Werk mit Gewalt zertrümmert wird, in ihrer Natur unverändert bleiben, wie sehr auch ihre Zusammenfügung geändert sein möge. Auch in flüssigen und luftförmigen Körpern besteht eine gleiche Verschiedenheit von Stoffen, die ihnen äußerst verschiedenartige Eigenschaften verleiht, obgleich bei ihnen eine viel geringere Verschiedenheit hinsichtlich der Structur und eine größere Leichtigkeit der Zerstreuung und Ausbreitung, als bei festen Körpern, statt findet.

333) Die der Materie inhärirende Thätigkeit wird nicht nur durch die Erzeugung von Bewegung, durch die gegenseitigen Anziehungen und Abstoßungen getrennter oder zusammenhängender Massen bewiesen, sondern auch durch die Umänderungen und scheinbaren Umbildungen, welche verschiedene Substanzen in ihren wahrnehmbaren Eigenschaften durch eine bloße Vermischung erleiden. Wird Wasser zu Wasser, oder Salz zu Salz geschüttet, so besteht der Erfolg bloß in einer Vergrößerung der Quantität, aber nicht in einer Veränderung der Qualität. Ferner wenn ein blaues und ein gelbes Pulver, beide vollkommen trocken, mit einander vermengt und wohl durchgeschüttelt werden, so entsteht ein grünes Pulver; aber diese Erscheinung entsteht bloß im Auge von der innigen Vermischung des blauen und gelben Lichts, welches gesondert und unabhängig von den kleinen Theilchen eines jeden zurückgeworfen wird, wovon man sich überzeugt, wenn man das Gemenge mit einem Microscop untersucht, und die blauen und gelben Körnchen unverändert neben einander liegen sieht. Wird der Versuch mit gefärbten Flüssigkeiten angestellt, die sich ohne chemische Action mit einander vermischen lassen, so erscheint ebenfalls eine zusammengesetzte Farbe, nur ist

man in diesen Fällen durch das Vergrößerungsglas die Bestandtheile zu entdecken im Stande, offenbar wegen der äußersten Kleinheit der Theilchen, und ihrer durch das Schütteln der beiden zusammengegossenen Flüssigkeiten hervorgebrachten vollkommenen Vermischung. Bei zusammengemengten Pulvern würde man mit einer unermüdlichen Geduld, vermittelst successiven Auslesens der einzelnen Körnchen mit Hülfe eines Vergrößerungsglases, die Bestandtheile von einander sondern können. Wenn aber Flüssigkeiten mit einander vermengt worden; so ist keine mechanische Trennung mehr ausführbar; die Theilchen sind so klein, daß sie alles Suchen vereiteln. Dieß hindert uns jedoch nicht, die Zusammensetzung als eine bloße Mengung zu betrachten, und ihre Eigenschaften stehen auch in der Mitte zwischen denen der beiden gemengten Flüssigkeiten. Aber dieß ist bei weitem nicht mit allen Flüssigkeiten der Fall. Wenn zum Beispiel Lösungen von Pottasche und Weinsteinsäure, beide vollkommen flüssig, in geeigneten Verhältnissen mit einander vermischt werden, so fällt eine große Menge einer festen salinischen Substanz, die von der Pottasche, wie von der Weinsteinsäure gänzlich verschieden ist, auf den Boden des Gefäßes nieder; und die Flüssigkeit, aus welcher sie sich absondert, bietet nicht entfernt von den gemengten Bestandtheilen, wohl aber von etwas von beiden gänzlich Verschiedenem, durch den Geschmack und durch andere sinnliche Eigenschaften Anzeigen dar. Es ist evident, daß dieses ein von einer bloßen Vermengung höchst verschiedenes Phänomen ist; es hat eine große und radicale Veränderung in der innern Beschaffenheit der Bestandtheile Statt gefunden, wodurch eine neue, vorher nicht vorhandene Substanz erzeugt worden ist. Und das ist geschehen durch die Vereinigung der einander dargebotenen Bestandtheile; denn wenn man weiter untersucht, findet man, daß nichts verloren ist, indem das

Gewicht der Mischung der Bestandtheile gemischten Gewichte gleich ist. Auch ist die Pottasche und die Weinsteinsäure gänzlich verschwunden, und das Gewicht des neuen Products dem Gewichte beider zusammengenommen genau gleich, abgesehen von einer kleinen vor der Auflösung in Auflösung gehaltenen Menge, die uns auch durch Verdunstung gewonnen werden kann. Sie haben sich daher verbunden und hängen mit einer schwachen Kraft zusammen, welche ihnen die Fähigkeit giebt, außerhalb einer Flüssigkeit einen festen Körper zu bilden; einer Kraft, welche bloß dadurch hervorgerufen worden, daß man sie in einem Zustande von Auflösung einander zugeführt hat.

394) Es ist das Geschäft der Chemie, diese und ähnliche Veränderungen und auch das Umgekehrte derselben, nämlich solche Veränderungen zu erforschen, durch welche eine einzelne Substanz in zwey oder mehr andere, deren Eigenschaften von den ihrigen verschieden sind, aufgelöst wird, und alle Umstände aufzusuchen, die auf diese Veränderungen Einfluß haben können, und ihren Eintritt entweder befördern oder abändern, oder verhindern. Dieser Einfluß mag nun durch Wärme oder Kälte, durch Licht und Dunkelheit oder Bewegung und Druck, oder durch irgend welche von den uns bis jetzt bekannt gewordenen Agentien, als Electricität, Licht, Magnetismus u. s. w., ausgeübt werden.

395) Die wunderbaren und plötzlichen Verwandlungen, mit denen die Chemie sich beschäftigt, die heftige Wirksamkeit, die dabei oft von den anscheinend trägsten und schwerfälligsten Substanzen angenommen wird, und mehr als alles die Einsicht, die sie in die Natur unzähliger, täglich um uns her vor sich gehender Operationen verschafft, haben dazu beigetragen, sie zur populärsten Wissenschaft zu machen, wie sie eine der gemeinnützigsten ist; und wir wer-

den dasser auch keine andere finden, welche während des letzten Jahrhunderts mit einer so außerordentlichen Kraft vorwärts gesprungen wäre, und einen so ausgedehnten Einfluß auf die Herbeiführung ausgesprochener Fortschritte in anderen gehabt hätte. Eine der Hauptursachen ihrer Popularität ist vielleicht darin zu suchen, daß sie unter allen Wissenschaften vielleicht die am vollkommensten experimentirte ist, und daß selbst ihre Theorien größtentheils so allgemein verständlicher und nicht anwendbarer Art sind, daß sie keine große Anstrengung der Denkkraft erfordern, und nicht zu tiefen mathematischen Untersuchungen führen. Das einfache Verfahren des inductiven Verallgemeinerns, gegründet auf die Untersuchung zahlreicher Thatsachen, die alle ein hohes innres Interesse darbieten, hat in sehr vielen Fällen hingereicht, auf einem direkten und deutlichen Wege zu den höchsten bis jetzt bekannten Gesetzen zu gelangen. Aber diese Gesetze sind, wenn auch sehr festgestellt, doch, sehr beschränkte Fälle ausgenommen, nicht völlig hinreichend, uns zu einer abgekürzten Kenntniß von nie vorher untersuchten Einzelnheiten zu leiten, wenigstens nicht ohne Anwendung großer Vorsicht und eine beständige Herbeiziehung der Erfahrung als einer Hemmung für unser Raisonnement, so daß wir berechtigt sind, die Axiome der Chemie, die wahren Handhaben des inductiven Raisonnements, als zur Zeit noch unbekannt zu betrachten, was sie denn auch vielleicht noch lange bleiben dürften. Dieß ist nicht der Fehler der Chemiker, welche vielmehr die höchsten und verschiedenartigsten Talente und eine entsprechende Betriebsamkeit unter sich aufzuweisen haben, sondern eine Folge der inneren Verwickelung des Gegenstandes und der unendlichen Menge von Ursachen, welche bei der Entstehung eines jeden, selbst des einfachsten, chemischen Phänomens in Betracht kommen.

336) Die Geschichte der Chemie (über welche wir uns

jedoch nicht weiter zu verbreiten beabsichtigen) bietet allen denen ein hohes Interesse dar, die Gefahren dann finden, den Wegen nachzuspüren, auf welchen die Menschheit durch eine Reihe von Mißverständnissen und Irrthümern hindurch zur Entdeckung der Wahrheit gelangte. Man kann sie eintheilen 1) in die Periode der Alchemisten, eine beklagenswerthe Zeit in den Annalen der intellectuellen Entwicklung, 2) in die Periode der phlogistischen Lehren von Becher und Stahl, in welcher, gleichsam um die Verkehrtheit des menschlichen Geistes zu beweisen, von zwei möglichen Wegen der schlechteste gewählt wurde, und, auf die Autorität großer Namen, sinnreicher Ansichten und unzuverlässiger Versuche, eine Theorie allgemeinen Glauben erhielt, die in allen Fällen durch eine Berufung auf die Wage verleugnet wird. Und dieß erfolgte nicht etwa zufällig durch ein ungünstiges Zusammentreffen oder individuelles Versehen, sondern mit Nothwendigkeit und aus einem inneren Fehler der Theorie selbst, welche so lange den Fortschritt der Wissenschaft aufhielt, so weit eine Erfahrungswissenschaft durch eine falsche Theorie aufgehalten werden kann, indem sie ihre Inhaber durch den Anschein von Widersprüchen in ihren Versuchen, wo wirklich keine waren, verwirrte, all ihr Vertrauen auf die numerische Genauigkeit ihrer eigenen Resultate zerstörte, und den Gegenstand in einen Nebel von träumerischen und hypothetischen Ursachen, die wahren thätigen Principien verkennend, einhüllte. So findet bei der Verbrennung einer jeden Substanz, die nicht fähig ist, in Rauch zu entweichen, eine Zunahme des Gewichts statt, — die Asche ist schwerer, als der unverbrannte Körper. So oft man dieß auch beobachtete, gieng man doch sorglos darüber hinweg, da es von der Entweichung des Phlogiston, oder des Princips der Brennbarkeit, herrühren sollte, welches, wie man glaubte, entweder das Feuerelement selbst,

aber mit demſelben auf irgend eine Weiſe verbunden, und ſo weſentlich leicht ſey. Jetzt weiß man, daß die Gewichtszunahme aus einer Abſorption von und einer Verbindung mit einer Quantität eines beſonderen Beſtandtheils der Luft, des Sauerſtoffs nämlich, eines weſentlich ſchweren Körpers, entſpringt. Hinſichtlich des Gewichts macht es zwar keinen Unterſchied, ob ein ſchwerer Körper hinzutritt, oder ob ein mit Leichtigkeit begabter Körper entweicht; aber dabei iſt, aus einem philoſophiſchen Geſichtspuncte betrachtet, der offenbare Unterſchied, daß der Sauerſtoff eine wirklich exiſtirende darſtellbare Subſtanz, das Phlogiſton ein ſolche aber nicht iſt: der erſtere iſt eine wahre Urſache, das letztere ein hypothetiſches Weſen, eingeführt, um etwas zu erklären, was jener viel beſſer erklärt.

337) Das dritte Zeitalter der Chemie — dasjenige, welches vorzugsweiſe die neuere Chemie genannt werden kann — begann (1786), als Lavoiſier dieſen Irrthum durch eine Reihe denkwürdiger Verſuche für immer vertilgte, und die Chemie zu dem Range einer exacten Wiſſenſchaft, einer Wiſſenſchaft der Zahl, des Maaßes und des Gewichts, erhob. Von jener Epoche an hat ſie bis zum heutigen Tage beſtändig beſchleunigte Fortſchritte gemacht, und kann gegenwärtig als mehr wie jemals fortſchreitend angeſehen werden. Die Hauptmomente ihrer Ausbildung können unter folgende allgemeine Puncte zuſammengefaßt werden:

1) Die Entdeckung der näheren, wenn nicht der letzten Elemente aller Körper, und die Vergrößerung des Verzeichniſſes der bekannten Elemente bis zu ſeinem jetzigen Umfange von gegen ſechzig Subſtanzen.

2) Die Entwickelung der Lehre von der latenten Wärme durch Black, mit allen ihren wichtigen Folgen, einſchließlich der wiſſenſchaftlichen Theorie der Dampfmaſchine.

3) Die Aufſtellung von Wenzel's Geſetz der beſtimm-

ten Proportionen nach ſeinen eignen und Richters Verſuchen, eine Entdeckung, die in der Folge von der größeren Allgemeinheit von Dalton's atomiſtiſcher Theorie mit umfaßt wurde.

4) Die genaue Beſtimmung der Atomengewichte der verſchiedenen chemiſchen Elemente, hauptſächlich der erſtaunenswürdigen Thätigkeit von Berzelius und ſeiner unerreichten Herrſchaft über die chemiſchen Hülfsmittel, wie auch den Unterſuchungen der anderen Chemiker der Schwediſchen und Deutſchen Schule und des Engländers Thomſon zu verdanken.

5) Die Erkennung der Uebereinſtimmung zwiſchen den Gaſen und Dämpfen, durch welche wir bewogen worden, die erſteren allgemein als beſondere Fälle der letzteren zu betrachten, eine hauptſächlich aus den Verſuchen Faraday's über die Verdichtung der Gaſe, und den Verſuchen Gay-Luſſac's und Dalton's über die Geſetze der Ausdehnung der Gaſe und der Dämpfe durch die Wärme hervorgegangene Verallgemeinerung.

6) Die Aufſtellung der Geſetze der Verbindung von Gaſen und Dämpfen in beſtimmten Raumverhältniſſen durch Gay-Luſſac.

7) Die Entdeckung der chemiſchen Wirkungen der Electricität und der zerlegenden Kraft der Voltaiſchen Säule durch Nicholſon und Carliſle, die Erforſchung der dabei ſtatt findenden Geſetze durch Berzelius und Hiſinger, die Zerlegung der Alkalien durch Davy, und die darauf folgende Einführung neuer und mächtiger Agentien, der metalliſchen Baſen eben jener, in die Chemie.

8) Die Anwendung der chemiſchen Analyſe auf alle Gegenſtände der organiſchen und unorganiſchen Natur, und die Entdeckung der letzten Beſtandtheile aller und der näheren der organiſchen Materie, ſo wie die Erkennung der

wichtigen Unterschiede, durch welche diese großen Classen von Körpern von einander getrennt zu sein scheinen.

9) Die Anwendung der Chemie auf unzählige Verfahrungsarten in den Künsten und, neben anderen nützlichen Zwecken, auf die Entdeckung der medicinischen Grundstoffe in den Pflanzen und auf wichtige Arzneimittel aus dem Mineralreiche.

10) Die Ausmittelung der innigen Verknüpfung zwischen der chemischen Zusammensetzung und der crystallinischen Form durch Hauy und Bauquelin, mit den allmähligen Berichtigungen, welche die nähere Angabe dieser Verknüpfung unter den Händen von Mitscherlich, Rose und Anderen erfahren hat, nebst den Fortschritten der chemischen und crystallographischen Kenntnisse.

338) Die Verfolgung dieser verschiedenen Hauptpuncte bis ins Einzelne würde zu einer Abhandlung über die Chemie führen; wir wollen jedoch einige wenige Bemerkungen über einige derselben mittheilen, welche, da sie auf die allgemeinen Principien aller wissenschaftlichen Forschung gerichtet sind, nicht ohne Nutzen sein werden. Zuerst wird man denn, was die Entdeckung neuer Elemente betrifft, bemerken, daß die philosophische Chemie nach der Entdeckung des einen wesentlichen Elements, aus welchem alle Materie gebildet ist — des letzten Princips des Weltalls — nicht mehr strebt, als die Astronomie nach der Entdeckung des Ursprungs der planetarischen Bewegung in der Anwendung einer bestimmten Wurfkraft in einer bestimmten Richtung, oder die Geologie nach einem Aufsteigen zur Erschaffung der Erde. Es kann ein solches Element vorhanden sein. Einige sonderbare Beziehungen, die man bei den Atomengewichten der Körper wahrgenommen hat, scheinen dem Geiste Veranlassung genug zu bieten, darnach zu forschen; aber die wissenschaftliche Chemie begnügt sich, irgend

meinsten Form ist, daß die untergeordneten Gesetze — diejenigen, welche seine Allgemeinheit in besonderen Fällen beschränken, die Zahl der absolut möglichen Verbindungen vermindern, und die Vermischung der Elemente ohne Unterschied verhindern, — noch zu entdecken übrig bleiben. Einige Beschränkungen der Art sind in der That bis zu einem gewissen Puncte erforscht worden, aber keineswegs so weit, als die Wichtigkeit des Gegenstandes es erfordert; und die Chemiker finden hierin für einige Zeit überflüssige Beschäftigung.

341) Die Bestimmung der Atomengewichte der chemischen Elemente, gleich jener anderer physicalischer Hauptdata, mit der äußersten Genauigkeit ist an sich ein Zweig der Forschung von der höchsten Wichtigkeit, aber auch von der äußersten Schwierigkeit. Außer den allgemeinen Gründen, warum Genauigkeit in dieser Beziehung zu wünschen ist, giebt es noch einen besonderen dem Gegenstande eigenthümlichen. Es ist nämlich (von Prout) behauptet und (von Thomson) hartnäckig darauf bestanden worden, daß alle die Atomengewichte darstellenden Zahlen, die eine Scale von großer Ausdehnung bilden, worin die bekannten äußersten in einem Verhältniß von 1 zu 200 zu einander stehen, einfach nur Multipla des letzten unter ihnen seien. Wenn dieses wirklich der Fall ist, so werden dadurch Ansichten von solcher Wichtigkeit begründet, daß jede auf die Bestätigung des Gesetzes als eines bloß inductiven verwandte Mühe und Anstrengung gerechtfertigt sein würde. Aber bei dem gegenwärtigen Zustande der chemischen Analyse scheint es uns, wie wir mit aller Achtung vor der erwähnten Autorität bekennen, eine fernere Bestätigung dringend zu bedürfen, indem es zweifelhaft zu sein scheint, ob bereits eine solche Genauigkeit erreicht worden ist, daß wir im Stande sein würden, für einen den drei- oder vierhundertsten Theil der ganzen

zu bestimmenden Quantität nicht übertreffenden Grad mit Sicherheit einzustehen; wenigstens weichen die Angaben der ersten Experimentatoren, auf welche die größte Sorgfalt verwandt worden ist, oft um mehr von einander ab, und dieser Grad von Genauigkeit würde mindestens erforderlich sein, um das Gesetz in den höheren Theilen der Scale befriedigend zu bestätigen.

342) Die bloße Erwägung einer solchen Frage weist jedoch auf eine der physischen Wissenschaft angehörige Classe von Erscheinungen von einer entlegenen und sonderbaren Gattung und von einer sehr hohen und vollendeten Ordnung hin, welche nur bei einem theoretisch und praktisch sehr vorgerückten Zustande der Wissenschaft bekannt werden könnten, — wir meinen solche gegenseitige Beziehungen zwischen den Daten der Physik, wie man deren einige beobachtet hat, welche zeigen, daß diese keine willkührlich angenommene Größen sind, sondern von Gesetzen und Ursachen abhängen, die am Ende durch ihre Hülfe enthüllt werden können. Ein merkwürdiges Beispiel von einer solchen Beziehung ist das Gesetz, welches nach Bode's Beobachtung für die Progression der Größen der verschiedenen Planetenbahnen besteht. Diese Progression fand sich dem Gesetze zuwider, zwischen Mars und Jupiter unterbrochen, wodurch Bode bewogen wurde, anzunehmen, es fehle in diesem Zwischenraume ein Planet, ein Mangel, welcher lange nachher seltsamer Weise durch die Entdeckung von vier neuen Planeten in eben diesem Zwischenraume ausgeglichen wurde, deren Bahnen alle hinsichtlich ihrer Größe mit dem fraglichen Gesetze innerhalb so mäßiger Fehlergrenzen übereinstimmen, daß man diese als von Ursachen herrührend betrachten konnte, die von denen, auf welchen das Gesetz zuletzt ruht, unabhängig sind.

343) Es ist für unsern Gegenstand auch nicht unwich-

sie zu bemerken, daß der in diesem Theile der Chemie gemachte Fortschritt, und die in der chemischen Analyse jetzt erreichbare hohe Genauigkeit, großentheils einem Umstande zu verdanken sind, von welchem man anfangs schwerlich erwartet haben möchte, daß er großen Einfluß auf die Fortschritte einer Wissenschaft ausüben werde; — der Entdeckung des Platins nämlich. Es ist schwer zu glauben, daß ohne die durch dieses unschätzbare Metall den Chemikern zu beliebiger Anfügung gestatteten Hülfsmittel jemals die große Menge feiner analytischer Versuche hätte ausgeführt werden können, die zur Errichtung des Gebäudes unsers jetzigen Wissens erforderlich waren. Auch hieraus können wir, wie aus vielen anderen Beispielen, die Lehre ziehen, daß nicht diejenigen Benutzungsarten der Naturkörper, die sich uns am offenbarsten darbieten, die wichtigsten sind. Der bedeutendste Nutzen des Mondes für die unmittelbaren Zwecke des Menschen blieb ihnen fünftausend Jahre lang nach ihrer Erschaffung unbekannt. Und da es nicht anders sein kann, als daß unzählige und höchst wichtige Benutzungsarten so wohl bereits uns bekannter, als auch solcher Stoffe und Gegenstände, welche der Fortgang der Wissenschaft späterhin noch zu enthüllen hat, zu entdecken übrig bleiben, so können wir von der Zukunft nicht nur eine beständige Vermehrung der physischen Hülfsmittel der Menschen und eine daraus folgende Verbesserung ihres Zustandes, sondern auch eine stete Zunahme unserer Fähigkeit, in die Geheimnisse der Natur zu dringen, und mit ihren höchsten Gesetzen bekannt zu werden, mit Grund erwarten.

Fünftes Capitel.

Von den imponderablen Formen der Materie.

Wärme.

344) Eines der Hauptagentien in der Chemie, von dessen angemessenen Anwendung und Behandlung der Erfolg einer großen Zahl ihrer Untersuchungen abhängt, und von dessen wichtigsten Gesetzen viele durch Phänomene von chemischer Natur uns enthüllt werden, ist die Wärme. Obgleich einige ihrer Wirkungen als Dinge des gemeinsten Vorkommens, insofern es kaum irgend einen Proceß in den nützlichen Künsten und Manufacturen giebt, der nicht ihre Dazwischenkunft in Anspruch nähme, beständig vor unseren Augen sind, und obgleich sie, auch unabhängig von diesem hohen Nutzen und der practischen Wichtigkeit einer Kenntniß ihrer Natur und Gesetze, in sich selbst der Forschung einen höchst merkwürdigen Gegenstand darbietet: so glaubt es doch kaum noch irgend ein anderes physisches Agens, von welchem unsere Kenntniß so unvollkommen, dessen innere Natur so verborgen, und dessen Gesetze so mühsam und schwierig zu erforschen wären.

345) Das Wort Wärme bezeichnet im Allgemeinen das Gefühl, welches wir bei der Annäherung an Feuer empfinden; aber im physikalischen Sprachgebrauch bezeichnet es die Ursache, was sie auch sei, sowohl dieser Empfindung, als auch aller anderen Erscheinungen, die aus der Anwendung des Feuers oder irgend eines anderen Erwärmungsmittels entstehen. Wir würden uns höchlich täuschen, wenn wir uns blos auf unser Gefühl als Anzeiger der Gegenwart dieser Ursache, verlassen wollten. Viele von den Dingen,

Gährung ist nichts anderes, als eine Zerlegung schwach verbundener chemischer Elemente und deren Wiedervereinigung zu einer festeren Verbindung. Die Analogie zwischen dem thierischen Feuer und der Sonnenwärme ist so natürlich, daß sie von Newton als ein Beispiel der unwiderstehlichen Kraft einer aus jenem Principe abgeleiteten Folgerung gewählt wurde. Aber die Natur der Sonne und die Art, wie ihre wunderbare Aussendung von Licht und Wärme unterhalten wird, sind in ein Geheimniß gehüllt, welches, weit entfernt, durch irgend eine in der Chemie oder Optik gemachte Entdeckung aufgeklärt zu werden, durch sie vielmehr nur noch dunkler zu werden scheint. Die Reibung ist als eine Wärmequelle wohl bekannt: wir reiben unsere Hände um sie zu erwärmen, und fetten die Axen der Wagenräder, um die Entzündung des Holzes durch sie zu verhüten, ein Unfall, welcher ungeachtet dieser Vorsicht zuweilen sich ereignet. Aber die Wirkung der Reibung, als eines Mittels zur Hervorbringung von Wärme mit geringem oder keinem Verbrauch von Materialien, ward nicht eher völlig erkannt, als bis der Graf Rumford sie zum Gegenstande directer Versuche machte, aus denen die außerordentliche Thatsache hervorzugehen scheint, daß eine unbegrenzte Wärmemenge aus der Reibung der nämlichen Stoffe gewonnen werden könne. Eine andere mächtige Wärmequelle ist die Verdichtung sowohl der Luft durch den Druck, als auch der Metalle durch den Schlag. So kann Eisen dergestalt gehämmert werden, daß es rothglühend wird, und die rasche Verdichtung einer eingeschlossenen Luftmenge vermag Schwamm zu entzünden.

348) Die stärksten bekannten Hitzgrade werden durch die Concentration der Sonnenstrahlen vermittelst Brenngläser, — durch die Verbrennung von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas, genau in dem Verhältniß gemischt, in welchem

sie sich zur Erzeugung von Wasser verbinden, — und durch die Entladung eines ununterbrochenen und starken electrischen Stromes durch einen dünnen Leiter hindurch hervorgebracht. Da diese drei Wärmequellen von einander unabhängig, und alle geeignet sind, in einem sehr kleinen Raume in Thätigkeit gesetzt zu werden, so scheint kein Grund vorhanden zu sein, daß sie nicht sollten alle drei zugleich auf denselben Punct in Anwendung gebracht werden können, wodurch muthmaßlich Wirkungen von einer alle bis jetzt bekannten unendlich übertreffenden Stärke hervorgebracht werden würden.

349) Die Wärme wird mitgetheilt entweder durch Strahlung zwischen getrennten Körpern, oder durch Leitung zwischen in Berührung stehenden Körpern und zwischen den an einander grenzenden Theilen eines und desselben Körpers. Die Gesetze der Wärmestrahlung sind mit großer Aufmerksamkeit studirt worden, und haben sich als denen der Lichtstrahlung in einigen Puncten streng analog, in anderen davon sonderbar abweichend ergeben. So verhält sich die die Sonnenstrahlen begleitende Wärme in jeder Hinsicht wie das Licht; sie ist, wie Berard gezeigt hat, ähnlichen Gesetzen der Zurückwerfung, der Brechung und sogar der Polarisation unterworfen. Dennoch sind beide nicht identisch, da W. Herschel durch entscheidende Versuche gezeigt, und Englefield durch die seinigen bestätigt hat, daß ein Sonnenstrahl nicht leuchtende Wärmestrahlen und nicht wärmende Lichtstrahlen zugleich enthält.

350) Die von irdischem Feuer und von gleichwie (selbst durch die Wirkung der Sonnenstrahlen) erhitzten nicht leuchtenden Körpern ausgestrahlte Wärme unterscheidet sich hinsichtlich ihres Vermögens, durchsichtige Substanzen zu durchdringen, sehr wesentlich von der Sonnenwärme. Diese sonderbare und wichtige Verschiedenheit wurde zuerst

von Mariotte bemerkt, und später von Scheele zum Gegenstand vieler seltsamer und interessanter Versuche gemacht, wobei er fand, daß die irdische oder die von Feuer und heißen Körpern ausgestrahlte Wärme, ungleich der Sonnenwärme, von Glas und anderen durchsichtigen Körpern aufgefangen und zurückgehalten wird, und diese dabei erwärmt, was die Sonnenwärme, da sie frei durch sie hindurchgeht, nicht zu thun vermag. Die neueren Versuche von Delaroche haben indessen gezeigt, daß diese Wärmeauffangung nur bei einer niedrigen Temperatur der Wärmequelle vollständig ist, daß aber, wenn diese höher ist, ein Theil der ausgestrahlten Wärme fähig wird, das Glas zu durchdringen, und daß dieser Theil mit der zunehmenden Intensität der Wärme des strahlenden Körpers im Verhältniß zum Ganzen fortwährend wächst. Diese Entdeckung ist sehr wichtig, da sie zwischen der irdischen und Sonnenwärme eine Uebereinstimmung der Natur darthut, während sie uns zugleich dahin führt, die wirkliche Temperatur der Sonne als die Temperatur einer jeden irdischen Flamme weit übersteigend zu betrachten.

351) Mannigfaltige Theorien sind zur Erklärung dieser merkwürdigen Erscheinungen erdacht worden; aber der Gegenstand verlangt vorerst noch eine fernere Aufklärung durch Versuche, und er ist von der Art, daß er die Bemühungen derer, die ihm ihre Aufmerksamkeit zuwenden mögen, verdient und vermuthlich reichlich vergüten wird. Die mit den bekannten Phänomenen im Allgemeinen anscheinend am besten übereinstimmende Theorie ist die von Prevost, welcher annimmt, daß alle Körper beständig nach allen Richtungen Wärme ausstrahlen und auf gleiche Weise von anderen Wärme empfangen, und so in allen Theilen eines mit Körpern von verschiedenen Temperaturen theilweise oder ganz erfüllten Raumes ein Gleichgewicht oder eine

Gleichheit der Wärme zu bewirken ſtreben. Die Anwendung dieſer Idee auf die Erklärung der Thaubildung haben wir bereits (167.) kennen gelernt. Die Geſetze einer ſolchen Strahlung unter verſchiedenartigen Umſtänden ſind neuerlich von Dülong und Petit in einer ſchönen Reihe von Verſuchen über die Erkaltung der Körper durch Wärmeausſtrahlung im Vacuo, welche eines der beſten Beiſpiele in der Wiſſenſchaft von der inductiven Erforſchung quantitativer Geſetze darbietet, unterſucht worden.

352) Die Mittheilung der Wärme zwiſchen in Berührung ſtehenden Körpern oder zwiſchen verſchiedenen Theilen eines und deſſelben Körpers geſchieht durch einen Proceß, den man Leitung nennt. Zwar iſt dieſe eigentlich nur, wie oben (217.) gezeigt worden, ein beſonderer Fall der Strahlung; aber er iſt ſo eigenthümlich, daß er eine beſondere und unabhängige Erforſchung ſeiner Geſetze erfordert. Die wichtigſte durch dieſe Eigenthümlichkeit in die Unterſuchung eingeführte Betrachtung iſt die der Zeit. Die Mittheilung der Wärme durch Leitung erfolgt meiſtens mit äußerſter Langſamkeit, während die Mittheilung durch directe Strahlung wahrſcheinlich nicht weniger ſchnell, als die Fortpflanzung des Lichts ſelbſt geſchieht. Die Analyſe der delicaten und ſchwierigen Puncte, welche bei der Erforſchung dieſes Gegenſtandes, wenn man ihn einer directen geometriſchen Behandlung unterwirft, zum Vorſchein kommen, iſt mit bewundernswürdigem Erfolg durch Fourier ausgeführt worden, deſſen beklagenswerther Tod die Wiſſenſchaft einer Zierde beraubt hat, die ſie wenig entbehren konnte, nachdem ihre Reihen in den letzteren Jahren bereits ſo ſehr gelichtet worden waren. Dieſer ſcharfe Naturforſcher und tiefe Mathematiker hat in einer Reihe vollendeter, dem franzöſiſchen Inſtitute übergebener Denkſchriften die Geſetze der Wärmeverbreitung durch das Innere dem Einfluß ir-

gend welcher äußeren erwärmenden oder erkältenden Urſachen unterworfener feſter Maſſen entwickelt, und ſeine Reſultate im Beſondern auf die Bedingungen, von denen die Erhaltung der beobachteten gegenwärtigen Temperatur der Erdoberfläche abhängt, ferner auf den möglichen Einfluß einer angenommenen Centralwärme auf unſere Climate, und auf die Beſtimmung des wirklichen Betrags der von der Sonne uns zukommenden Wärme, oder wenigſtens des Theiles derſelben, von welchem der Unterſchied der Jahrszeiten abhängt, angewandt.

353) Die vorzüglichſten Wirkungen der Wärme ſind: die Empfindungen der Wärme und Kälte in Folge ihres Eintritts in unſere Körper oder ihres Austritts aus denſelben; die Ausdehnung, welche ſie in den Dimenſionen aller Körper, in denen ſie angehäuft wird, verurſacht; die Formänderungen, welche ſie durch Schmelzung feſter Körper und durch Verwandlung feſter und flüſſiger Körper in Dampf hervorbringt, und die chemiſchen Veränderungen, welche ſie durch wirkliche Zerlegung mannigfaltiger, beſonders vegetabiliſcher und animaliſcher Subſtanzen in ihre Beſtandtheile bewirkt, zu denen wir noch die Erzeugung electriſcher Erſcheinungen unter gewiſſen Umſtänden beim Contact der Metalle, und die Entwickelung electriſcher Polarität in cryſtalliſirten Subſtanzen hinzufügen können.

354) Die Kälte iſt von Einigen als eine poſitive Eigenſchaft, als die Wirkung einer der Urſache der Wärme entgegengeſetzten Urſache angeſehen worden. Aber dieſe Idee ſcheint gegenwärtig allgemein aufgegeben zu ſein. Die Empfindung von Kälte erklärt ſich leicht aus einer Entweichung von Wärme aus dem Körper nach außen hin, ſo wie die Empfindung von Wärme aus einem Eintritt derſelben von äußen her in den Körper; und die zum Beweiſe einer Kälteſtrahlung angeführten Verſuche werden alle durch Pre-

vaſt's Theorie der wechſelſeitigen Wärmeaustauſchung vollkommen erklärt. Indeſſen iſt es merkwürdig, wie ſehr beſchränkt unſere Mittel zur Hervorbringung von Kälte im Vergleich mit denen ſind, die wir zur Anhäufung von Wärme in den Körpern beſitzen. Dieß iſt einer der ſtärkſten Gründe, die zu Gunſten der Lehren derjenigen angeführt werden können, welche die Möglichkeit behaupten, daß ein Körper ſeiner Wärme vollſtändig beraubt und alſo in einen von Wärme ganz entblößten Zuſtand verſetzt werden könne. Aber es iſt zu berückſichtigen, daß die bekannten Methoden, Wärme zu erzeugen, hauptſächlich auf die Hervorbringung chemiſcher Verbindungen hinauslaufen. Daher begreift es ſich leicht, daß wir, um gleich kräftige entſprechende Erkaltungswirkungen zu erlangen, die Mittel beſitzen müßten, eine gleich extenſive und raſche Trennung ſolcher wirklich verbundener Elemente zu bewirken, welche eben durch ihre Vereinigung Wärme erzeugt haben. Dieſe Trennung können wir aber nur dadurch erreichen, daß wir die Elemente zu noch energiſcheren Verbindungen veranlaſſen, bei welchen wir indeß mit Grund eine Entwickelung von mehr Wärme zu erwarten hätten, als durch die gleichzeitige Zerlegung zerſtört oder abſorbirt werden würde. Ein Mittel, die Verbindung zweier Elemente plötzlich zu vernichten, und beide in einem freien Zuſtande darzuſtellen, bietet die Chemie (ohne Beiſtand electriſcher Thätigkeit) nicht dar. Doch zeigt ſich eine gewiſſe Analogie mit einer ſolchen Trennung und deren Folgen bei der plötzlichen Expanſion condenſirter Gaſe aus einem flüſſigen Zuſtande in den dampfförmigen, welches die wirkſamſte bekannte Kältequelle iſt.

355) Die Ausdehnung der Körper durch die Wärme bildet den Gegenſtand desjenigen Zweiges der Wiſſenſchaft, den man Pyrometrie nennt. Es giebt keinen Körper, der unfähig wäre, von der Wärme durchdrungen zu werden,

wenngleich der eine mit mehr, der andere mit weniger Schnelligkeit es wird. Alle so von Wärme durchdrungenen Körper aber (mit sehr wenigen von sehr eigenthümlichen Umständen abhängigen Ausnahmen) werden durch sie in ihrem Umfange ausgedehnt, jedoch durch denselben Wärmegrad in sehr verschiedenem Maaße. Unter den verschiedenen Formen der Naturkörper sind es die Gase und Dämpfe, die man am meisten ausdehnbar gefunden hat; nach ihnen kommen die Flüssigkeiten und zuletzt die festen Körper. Die Ausdehnung der festen Körper haben verschiedene Experimentatoren zum Gegenstande wiederholter und sorgfältiger Messungen gemacht; unter ihnen sind Smeaton, Lavoisier und Laplace die vorzüglichsten. Die merkwürdige Entdeckung der ungleichförmigen Ausdehnung crystallisirter Körper von Mitscherlich ist bereits (266.) erwähnt worden. Die Ausdehnung der Gase und Dämpfe wurde gleichzeitig von Dalton und Gay-Lüssac untersucht, und beide kamen unabhängig zu dem Schlusse, daß bei diesen allen die Ausdehnung völlig gleich sei, was in deren Geschichte einen der merkwürdigsten Puncte bildet.

356) Die Ausdehnung der Luft durch die Wärme gewährt vielleicht das ausnahmfreieste bekannte Mittel, die Grade der Wärme zu messen. Das Thermometer war in seiner ursprünglichen, von Cornelius Drebbel ihm gegebenen Gestalt ein Luftthermometer. Die jetzt gebräuchlichen Thermometer zeigen die Wärmezunahme durch den Ausdehnungsgrad, nicht der Luft, sondern des Queckſilbers, an. Aus den Untersuchungen von Dülong und Petit hat sich ergeben, daß dessen Anzeigen mit denen des Luftthermometers in mäßigen Temperaturen genau übereinstimmen, daß sie aber in sehr hohen Temperaturen davon merklich, und selbst beträchtlich abweichen. Durch dieses Instrument, welches seine jetzige Bequemlichkeit und Nützlichkeit der glücklichen

Idee Newton's, bestimmte feste Puncte in seiner Scale anzunehmen, verdankt, werden wir in den Stand gesetzt, die Grade der Wärme zu schätzen, oder wenigstens zu identificiren, und dadurch mit Genauigkeit die Gesetze ihrer Mittheilung und ihre übrigen Eigenschaften zu erforschen. Wären wir gewiß, daß gleiche Wärmezunahme bei irgend einer Substanz gleiche räumliche Ausdehnungen zur Folge hätten, so würden wir uns ein Thermometer verschaffen können, dessen Anzeigen ein wahres und sicheres Maaß der von uns untersuchten Wärmemengen sein würden; aber dieß ist so wenig der Fall, daß wir uns vielmehr über diesen wichtigen Punct beinahe in völliger Unwissenheit befinden, ein Umstand, der jedem theoretischen Raisonnement und selbst der experimentalen Forschung die größte Schwierigkeit entgegenstellt. Die Gesetze der Ausdehnung der Flüssigkeiten sind, in Folge dieses Mangels der nothwendigen vorbereitenden Kenntnisse, noch in grosses Dunkel gehüllt, ungeachtet der durch die vollendeten Versuche und Berechnungen von Gilpin, Blagden, Delûc, Dalton, Gay-Lüssac, Biot ꝛc. auf sie verwandten Bemühungen.

357) Die schlagendsten und wichtigsten Wirkungen der Wärme bestehen indessen in der Liquefaction fester Substanzen und der Verwandlung der so hervorgebrachten Flüssigkeiten in Dampf. Es ist keine feste Substanz bekannt, die nicht durch eine hinreichend intensive Hitze geschmolzen und zuletzt in Dampf verwandelt werden könnte; und diese Analogie ist so ausgedehnt und zwingend, daß wir annehmen müssen, daß alle unter gewöhnlichen Umständen flüssigen Körper ihre Flüssigkeit nur der Wärme verdanken, und erstarren, oder fest werden würden, wenn ihnen ihre Wärme hinlänglich entzogen werden könnte. Bei manchen sehen wir dieses in gewöhnlichen Wintern eintreffen; für andere ist strengere Kälte erforderlich; wieder andere gefrieren

nur bei den intensivsten künstlichen Kältegraden, und einige haben bis jetzt allen unseren Bemühungen widerstanden. Der letzteren sind jedoch nur wenige, und ihre Zahl wird wahrscheinlich noch ferner abnehmen, so wie unsere Mittel zur Hervorbringung von Kälte wirksamer werden.

358) Eine ähnliche Analogie führt uns zu dem Schlusse, daß alle luftförmigen Flüssigkeiten nur Liquida sind, die durch Wärme in dem Zustande von Dampf erhalten werden. Manche von ihnen sind wirklich bereits durch gleichzeitige Einwirkung von Kälte und heftigem Druck zu tropfbaren Flüssigkeiten verdichtet worden, und es sind, so wie unsere Mittel, diese Verdichtungsursachen in Anwendung zu bringen, verbessert worden sind, mehr und mehr von den widerspenstigen überwunden worden. Dadurch sind wir völlig berechtigt, unsere Folgerung auch auf die noch nicht mit Erfolg bezwungenen auszudehnen; und so werden wir dahin geführt, es als eine allgemeine Thatsache anzusehen, daß der flüssige und der luftförmige oder dampfförmige Zustand der Körper gänzlich von der Wärme abhängig sind, daß es, ohne die Wirkung dieser Ursache, nur feste Körper in der Natur geben würde, und daß andrerseits nur eine hinreichende Intensität der Wärme erfordert wird, um die Cohäsion jeder Substanz zu zerstören, und alle Körper zuerst in flüssige und dann in luftförmige zu verwandeln.

359) Aber die festen Körper selbst schrumpfen durch Wärmeentziehung in ihren Dimensionen zusammen, und werden zugleich härter und spröder, indem sie einem Druck weniger nachgeben, und weniger eine Trennung ihrer Theile durch Spannung gestatten. Diese Thatsachen verbunden mit der größeren Compressibilität der Flüssigkeiten und der noch größeren der Gase veranlassen uns dringend zu glauben, daß es einzig und allein die Wärme ist, welche die Theilchen aller Körper in einem solchen Abstande von einander erhält, daß

eine Zusammendrückung derselben möglich wird; welche in der That ihnen ihre Elasticität verleiht und direct ihrer wechselseitigen Anziehung entgegenwirkt, welche sie ohne jene bis zur wirklichen Berührung zusammenziehen und in einem Zustande absoluter Unbeweglichkeit und Undurchdringlichkeit festhalten würde. So lernen wir die Wärme als eine der großen erhaltenden Kräfte des Weltalls betrachten, und allen ihren Gesetzen und Beziehungen einen Grad von Wichtigkeit beilegen, der sie der emsigsten Erforschung höchst würdig macht.

360) Es wurde zuerst von Black ausgemittelt, daß, wenn durch Wärme feste Körper flüssig gemacht, oder flüssige in Dampf verwandelt werden, die entstehende Flüssigkeit oder der Dampf nicht wärmer ist, als der feste oder flüssige Körper, aus welchen sie entstanden sind, obgleich eine große Wärmemenge zur Hervorbringung dieser Wirkung verwendet worden, und wirklich in die Substanz eingedrungen ist.

361) Daraus folgerte er, daß diese Wärme latent geworden und fortwährend in dem Producte vorhanden sei, indem sie es in seinem neuen Zustande erhalte, ohne seine Temperatur zu erhöhen. Er bewies ferner, daß, wenn der Dampf condensirt wird oder die Flüssigkeit gefriert, diese latente Wärme daraus wieder zum Vorschein kommt. Diese große Entdeckung und ihre natürliche und kaum weniger wichtige Begleiterin, die Entdeckung der Verschiedenheit der specifischen Wärme bei verschiedenen Körpern, oder der verschiedenen Wärmemengen, die zu einer gleichen Temperaturerhöhung derselben erforderlich sind, sind die Hauptbeweggründe dafür, die Wärme in einer entschiedneren Weise als das Licht, dem sie in ihrem strahlenden Zustande sich so streng analog zeigt, für ein materielles Wesen zu halten.

362) Die latente Wärme ist weit weniger aufmerk-

ſam ſtudirt worden, als ihre große practiſche Wichtigkeit es uns zu verlangen ſcheint, wenn wir bedenken, daß gerade auf dieſen Theil der phyſicaliſchen Wiſſenſchaft die Theorie der Dampfmaſchine ſich hauptſächlich ſtützt, und daß für dieſen wundervollen Apparat nicht ohne Grund weſentliche Verbeſſerungen von einer ausgedehnteren Kenntniß der latenten Wärme verſchiedener Dämpfe, als wir bis jetzt beſitzen, erwartet werden können. Dieß iſt jedoch nicht mit der ſpecifiſchen Wärme der Fall, welche vielmehr unmittelbar nach ihrer erſten Bekanntwerdung mit Sorgfalt von Jevine, und nach einem kurzen Zwiſchenraum von Lavoiſier und Laplace, wie auch von Crawfurd unterſucht wurde, welche die ſpecifiſche Wärme vieler feſter und flüſſiger Subſtanzen beſtimmten. Nach einer dann folgenden beträchtlichen Periode der Unthätigkeit wurde der Gegenſtand aufs Neue von Delaroche und Berard, und nach ihnen von Dulong und Petit aufgenommen. Das Reſultat ihrer Unterſuchungen iſt die inductive Aufſtellung eines jener einfachen und ſchönen phyſicaliſchen Geſetze geweſen, welche, wenn nicht ihre eigene Evidenz, doch wenigſtens ihre eigene Empfehlung an unſern Glauben an ſich tragen, als im Einklange ſtehend mit Allem, was wir von der Harmonie der Natur wiſſen. Das Geſetz, von welchem wir reden, iſt dieſes: — daß die Atome aller einfachen chemiſchen Elemente genau die nämliche Capacität für die Wärme haben, oder durch eine gleiche Wärme = Zu- oder Abnahme ſämmtlich um gleichviel erwärmt oder erkältet werden. Nur unter Geſetzen, die dieſem ähnlich ſind, können wir einen Schlüſſel zu finden hoffen, der uns zu einer Kenntniß der wahren Natur der Wärme und ihrer Beziehungen zur ponderablen Materie zu führen vermag.

363) Diese beiden Gegenstände, welche lange eine getrennte Existenz behauptet haben, und als gesonderte Zweige der Wissenschaft studirt worden sind, sind endlich wirklich mit einander vereinigt worden. Dieß ist vielleicht das befriedigendste Resultat, zu welchem die experimentalen Wissenschaften jemals gelangt sind. Alle Erscheinungen der magnetischen Polarität, Anziehung und Abstoßung lösen sich am Ende in der einen allgemeinen Thatsache auf, daß zwei electrische Ströme sich gegenseitig abstoßen oder anziehen, je nachdem sie in gleicher oder entgegengesetzter Richtung sich neben einander bewegen. Nur die Phänomene der Mittheilung und Vertheilung des Magnetismus bleiben noch unerklärt; aber die von Ampere unter dem Namen der Electrodynamik entwickelte interessante Theorie giebt Hoffnung, daß auch dieser Unterschied verschwinden und der ganze Gegenstand am Ende, so weit die wirkenden Ursachen in Betracht kommen, in der einen allgemeineren Ursache, der Electricität, seine Erklärung finden werde. Dieß verhindert jedoch nicht, daß nicht der Magnetismus seine besondere Wichtigkeit als ein Feld der physicalischen Forschung behalten sollte, da er seine eigenthümlichen Gesetze und Beziehungen vom höchsten practischen Interesse hat, die füglich ohne alle Rücksicht auf seinen electrischen Ursprung für sich studirt werden können. Und nicht deswegen allein, sondern auch um sie mit Vortheil studiren zu können, müssen wir zu Werke gehen, als wenn jener Ursprung gänzlich unbekannt wäre, und, wenigstens bis zu einem gewissen, und zwar sehr vorgerückten Puncte, unsere Untersuchungen über den Gegenstand nach denselben inductiven Principien anstellen, als ob dieser Zweig der Physik von allen übrigen durchaus unabhängig wäre.

und schwierigsten, aber zugleich interessantesten Gegenstände der physicalischen Forschung, den man jedoch neuerlich mit einem Fleiß zu studiren angefangen hat, welcher die baldige Enthüllung von Beziehungen und Gesetzen hoffen läßt, von denen wir uns gegenwärtig nur eine unvollkommene Vorstellung machen können.

367) Die Mittheilung des Magnetismus von der Erde an einen magnetischen Körper, oder von einem magnetischen Körper an einen anderen geschieht durch einen Vorgang, den man Vertheilung genannt hat. Die Gesetze und Eigenschaften dieses Vertheilungsmagnetismus sind mit viel Ausdauer und Erfolg, — practisch von Gilbert, Boyle, Knight, Whiston, Cavallo, Canton, Duhamel, Rittenhouse, Scoresby und Anderen, und theoretisch von Aepinus, Coulomb, Poisson, Barlow und Christie studirt worden, welche letzteren beiden mit großer Sorgfalt die sonderbaren Phänomene erforscht haben, die sich zeigen, wenn Eisenmassen vermittelst einer Axendrehung allmählig in verschiedenen Lagen dem Einfluß des Erdmagnetismus dargeboten werden. Der Magnetismus crystallisirter Körper ist bis jetzt (zum Theil wegen der äußersten Seltenheit solcher, die eine irgend beträchtliche magnetische Kraft anzunehmen vermögen) noch gar nicht untersucht worden; eine Untersuchung desselben würde aber wahrscheinlich sehr merkwürdige Resultate liefern.

368) Der Electricität wenden sich jetzt fast von allen Seiten her die Blicke der Naturforscher als einer jener allgemeinen Kräfte zu, deren die Natur in ihren wichtigsten und geheimsten Operationen sich zu bedienen scheint. Dieses wunderbare Agens, welches wir in intensiver Thätigkeit im Blitz, und in einem schwächeren und ausgebreiteteren Zustande bei seinem Durchgange durch die oberen Regionen der Atmosphäre im Nordlicht wahrnehmen, ist, wahrschein-

lich in ungeheurer Menge, in jeder Form der uns umgebenden Materie vorhanden, wird aber nur wahrnehmbar, wenn es durch Erregungen eigenthümlicher Art gestört wird. Die wirksamste derselben ist die Reibung, die wir schon als eine mächtige Wärmequelle kennen gelernt haben. Jedermann ist mit den knisternden Funken bekannt, die beim Streichen eines Katzenrückens entstehen. Diese können durch eine geeignete Behandlung in zu ihrer Aufnahme zweckmäßig eingerichteten Körpern angehäuft werden, und bezeugen, obgleich sie alsdann unsichtbar sind, ihre Existenz durch die Darstellung einer großen Mannigfaltigkeit von außerordentlichen Erscheinungen, indem sie — Anziehungen und Abstoßungen zwischen getrennten Körpern hervorbringen, — sich durch eine Berührung der Körper, oder durch plötzliches und heftiges Ueberspringen des zwischen ihnen befindlichen Raums in der Gestalt von Funken und Flammen von einem Körper zum andern übertragen lassen, — mit vollkommener Leichtigkeit durch die Substanz der dichtesten Metalle und einer Menge anderer, Leiter genannter Körper hindurchgehen, dagegen von anderen, den sogenannten Nichtleitern, wie Glas und besonders Luft, zurückgehalten werden, — schmerzhafte Stöße und convulsivische Bewegungen und, in hinreichender Menge, sogar den Tod bei Thieren, durch welche sie hindurchgehen, hervorbringen, und endlich in kleinem Maaßstabe alle Wirkungen des Blitzes nachahmen.

369) Das Studium dieser Phänomene und ihrer Gesetze nahm bis zu einer vergleichungsweise neueren Zeit die ganze Aufmerksamkeit der Electriker in Anspruch, und machte das Ganze der Electricitätswissenschaft aus. Aus ihren Forschungen geht als Resultat hervor, daß alle die erwähnten Phänomene durch die Annahme erklärlich werden, daß die Electricität aus einer feinen, dünnen und höchst

elastischen Flüssigkeit besitze, die bei ihrem Bestreben, sich zu expandiren und zu zerstreuen, mit mehr oder weniger Leichtigkeit die Substanz der Leiter durchdringt, von den Nichtleitern aber mehr oder weniger vollständig abgesperrt und an einer Expansion verhindert wird. Dabei muß ferner angenommen werden, daß diese elastische Flüssigkeit eine Anziehungskraft zu den Theilchen aller wägbaren Materie zugleich mit einer Abstoßungskraft unter ihren eigenen Theilchen besitze. Ob sie Gewicht habe, oder vielmehr als eine Gattung von Materie zu betrachten sei, die von derjenigen, aus welcher die wägbaren Körper bestehen, verschieden ist, ist eine Frage von solcher Schwierigkeit, daß bereits Versuche uns bis jetzt nicht in den Stand gesetzt haben, darüber zu entscheiden. Auf alle Fälle muß ihre Trägheit, verglichen mit ihrer Expansionskraft, als äußerst gering angenommen werden, so daß sie als eine im höchsten Grade thätige Flüssigkeit anzusehen ist, die jedem inneren oder äußeren Impulse mit der größten Schnelligkeit gehorcht, kurz als eine Flüssigkeit, deren Energie nur mit der des ätherischen Mittels, durch welches nach der Undulationshypothese das Licht fortgepflanzt wird, verglichen werden kann. Einigermaaßen können die Eigenschaften des Wasserstoffgases, mit denen der dichteren luftförmigen Flüssigkeiten verglichen, unserer Vorstellung von der excessiven Beweglichkeit und durchdringenden Thätigkeit eines so beschaffenen Fluidums zu Hülfe kommen. Indessen muß die Electricität als in einigen merkwürdigen Puncten von allen jenen Flüssigkeiten, die wir bisher mit der Bezeichnung elastische zu belegen gewohnt gewesen sind, wie Luft, Gase und Dämpfe, abweichend angesehen werden. Bei diesen nimmt man an, daß die Abstoßungskraft der Theilchen, von welcher ihre Elasticität abhängt, sich nur auf sehr kleine Abstände erstrecke, so daß sie nur die in unmittelbarer Nach-

barschaft befindlichen afficiren kann, während ihre Anziehungskraft, vermöge welcher sie der allgemeinen Gravitation aller Materie gehorchen, sich auf jede Entfernung erstreckt. Bei der Electricität dagegen muß man gerade das Umgekehrte annehmen. Die Kraft, mit welcher ihre Theilchen sich abstoßen, erstreckt sich auf große Entfernungen, während ihre Adhäsionskraft zur wägbaren Materie, als auf so kleine Zwischenräume sich erstreckend, angesehen werden muß, daß sie sich der Beobachtung entziehen.

370) Die Vorstellung von einem einzigen Fluidum dieser Art, welches, wenn es in Körpern übermäßig angehäuft wird, beständig zu entweichen strebt, und durch seine Mittheilung an andere, bei denen sich etwa ein Mangel daran findet, eine Wiederherstellung seines Gleichgewichts zu erlangen sucht, ist diejenige, die sich dem Geiste am natürlichsten darbietet, und wurde aus dem Grunde von Franklin angenommen, welchem die Electricitätswissenschaft für jene entscheidenden Versuche, die uns über die wahre Natur des Blitzes belehrt haben, großen Dank schuldig ist. Dieselbe Vorstellung wurde nachher von Aepinus vertheidigt, welcher zuerst zeigte, wie die Gleichgewichtsgesetze eines solchen Fluidums der strengen mathematischen Behandlung unterworfen werden können. Aber es kommen bei der Uebertragung der Electricität von einem Körper zum andern und bei dem unter verschiedenen Umständen von ihr angenommenen Gleichgewichtszustande Erscheinungen vor, welche die Annahme von zwei verschiedenen, einander entgegengesetzten electrischen Flüssigkeiten zu erfordern scheinen, die sich gegenseitig anziehen, sich selbst aber abstoßen, und beide gleich fähig sind, an materiellen Substanzen zu haften, und mehr oder weniger schnell sich von einem Theilchen derselben zum andern zu verbreiten. Man stellt sich vor, daß diese Flüssigkeiten im ungestörten natürlichen

Zustande sich in einer gewissen Verbindung und gegenseitigen Sättigung befinden, daß aber diese Verbindung aufgehoben und jede von ihnen ohne die andere für sich allein in beliebiger Menge in einem Körper angehäuft werden könne, wenn nur durch geeignete Umgebung mit Nichtleitern ihr Entweichen verhindert wird. So angehäuft strebt ihre Abstoßung der gleichartigen und ihre Anziehung der entgegengesetzten Flüssigkeit in benachbarten Körpern das natürliche Gleichgewicht der in ihnen vorhandenen beiden Flüssigkeiten zu stören, und eine Erscheinung eigenthümlicher Art, die man electrische Vertheilung nennt, hervorzubringen. Wie sonderbar und gekünstelt diese Theorie auch erscheinen mag, so ist doch bis jetzt noch kein Phänomen bekannt geworden, von welchem sie nicht wenigstens eine annehmliche Erklärung gäbe; in bei weitem der Mehrzahl der Fälle aber gewährt sie eine sehr befriedigende Erklärung. Sie besitzt eine für jede Theorie höchst werthvolle Eigenschaft, welche darin besteht, daß sie die Anwendung eines streng mathematischen Raisonnements auf alle aus ihr gezogenen Schlüsse gestattet. Ohne diese ist es in der That kaum möglich, irgend eine Theorie jemals durch eine Vergleichung mit Thatsachen einer angemessenen Prüfung zu unterwerfen. Daher sind die mathematische Theorie des electrischen Gleichgewichts und die Gesetze der Verbreitung der electrischen Flüssigkeiten über die Oberflächen der Körper, in welchen sie angehäuft sind, ein Gegenstand tiefer Forschung für die ausgezeichnetsten Mathematiker geworden, und haben einen Grad von Ausdehnung und Eleganz erlangt, der diesen Zweig der Wissenschaft in der Reihe der mathematisch-physicalischen Untersuchungen zu einem sehr hohen Range erhebt. Diese Untersuchungen werden auf die Annahme eines den für die Gravitation und den Magnetismus bestehenden Gesetzen ähnlichen Anziehungs- und Abstoßungsgesetzes gegründet, wel-

ches man als sowohl durch die allgemeine Uebereinstimmung seiner Resultate mit den Thatsachen, wie auch durch absichtlich zu seiner Bestätigung angestellte Versuche hinreichend erwiesen ansieht.

371) Der dunkelste Theil des Gegenstandes ist ohne Zweifel die ursprüngliche Art der Störung des electrischen Gleichgewichts, wodurch die Electricität im ersten Anstatz erregt wird, entweder durch Reibung oder durch irgend eine andere der Ursachen, welche der Erfahrung zufolge eine solche Wirkung hervorbringen. Analogien fehlen zwar nicht *), aber man muß doch gestehen, daß bis jetzt nichts

*) Wir wollen eine erwähnen, die wir uns nicht erinnern anderswo angeführt gefunden zu haben, nämlich eine Störung des Gleichgewichts der Wärme, die durch rein mechanische Mittel und einen Proceß hervorgebracht wird, welcher gänzlich von einer gewissen Ordnung und Folge von Ereignissen und von der Thätigkeit bekannter Ursachen abhängt. Man denke sich, eine in einem die Wärme gut leitenden metallenen Gefäße eingeschlossene Luftmasse werde plötzlich vermittelst eines Kolbens comprimirt. Nachdem die dadurch entwickelte Wärme von der Luft dem Metall mitgetheilt worden, dessen Temperatur dadurch mehr oder weniger über die der umgebenden Atmosphäre erhöht worden wird, werde der Kolben plötzlich zurückgezogen, und dadurch augenblicklich die Luft auf ihr ursprüngliches Volumen zurückgebracht. Alsdann befindet sich der ganze Apparat in seiner anfänglichen Lage, da die Anordnung seiner materiellen Theile und die ganze Wärmemenge, die er enthält, keine Veränderung erleidet. Aber es ist augenscheinlich, daß die Vertheilung der Wärme in ihm nun von der früheren sehr verschieden ist, denn die Luft kann bei ihrer plötzlichen Ausdehnung nicht in einem Augenblicke alle die Wärme wieder absorbiren, die sie dem Metall mitgetheilt hatte, sie wird daher eine niedrigere Temperatur, als die Atmosphäre besitzen, während das Metall noch eine höhere zurückhält. So ist eine Störung des Gleichgewichts der Wärme bona fide bewirkt, es ist Wärme aus der Luft in das Metall getrieben worden, während alles Uebrige unverändert bleibt.

Wir haben hier ein Mittel, durch welches Wärme in beliebiger

Entscheidendes über diesen Punct dargeboten worden ist, und daß vermeintliche Wirkungsweisen in diesem Falle nur zu oft den Platz der wahren usurpirt haben, zu deren Kenntniß allein eine sorgsame Prüfung der Thatsachen uns leiten kann.

372) Die Physiker waren lange bekannt gewesen mit den oben erwähnten Wirkungen der Electricität und mit denen, die sie bei ihrem plötzlichen und heftigen Uebergange von einem Körper zum andern hervorbringt, mit dem Zerreißen und Zertrümmern der Theile von Körpern durch welche sie hindurchgeht, und, wo sie in großer Menge zugegen ist, der Hervorbringung aller Wirkungen intensiver Hitze durch sie, als des Glühens, Schmelzens und Verflüchtigens der Metalle und des Entzündens brennbarer Körper; selbst ihr gelegentlicher Einfluß auf die Polarität der Magnetnadel war bemerkt worden; aber da man wußte, daß Wärme durch mechanische Gewalt erzeugt wird, und daß auch der Magnetismus von derselben Ursache bedeutend afficirt wird, so schrieb man diese Wirkungen eher auch dieser Ursache, als irgend einem Etwas in der eigenthümlichen Natur der electrischen Materie zu, und sah sie eher als eine indirecte Folge ihrer Wirkungsweise, denn als mit ihrer inneren Natur verknüpft an. Kurz, die Electricität schien bestimmt zu sein, ein neues Beispiel zu vielen anderen von gänzlich von den übrigen in der Naturwissenschaft isolirten und nur ein abgesondertes Studium ihrer eigenen inneren

Menge ohne Brennmaterial aus der Luft erhalten werden kann. Denn dadurch, daß man, anstatt den Kolben zurückzuziehen, und dieselbe Luft innerhalb des Gefäßes sich ausdehnen zu lassen, diese so schnell entwickeln läßt, daß sie die ausgegebene Wärme nicht wieder absorbiren kann, und neue Luft statt ihrer eintreten läßt, und diesen Proceß oft genug wiederholt, kann man aus jeder Luftmenge die darin enthaltene Wärme ausziehen.

Beziehungen gestattenden Gegenständen zu gehen, als die großen Entdeckungen Galvani's und Volta's den Experimentatoren eine neue Gewalt übergaben, durch deren Hülfe alle die Wirkungen, welche vorher in einen unmeßbaren Augenblick zusammengedrängt waren, einzeln hervorgerufen und mit Muße erforscht, und die Kräfte, welche sich nur in einem Zustande unbeherrschbarer Intensität gezeigt hatten, gleichsam gezähmt, zu einer Vertheilung ihrer Wirksamkeit über eine unbestimmte Zeitdauer, und zu einer Regulirung ihrer Thätigkeit nach dem Willen des Experimentators gezwungen werden konnten. Es wurde alsdann bald erkannt, daß die Electricität bei ihrem Durchgange durch Leiter eine Mannigfaltigkeit von wunderbaren, nie vorher geahneten Wirkungen, und zwar von einer Beschaffenheit hervorbringt, vermöge welcher sie Berührungspuncte mit verschiedenen anderen Zweigen der physicalischen Forschung darbieten, und auf einige der dunkelsten Operationen der Natur neues und unerwartetes Licht werfen.

273) Die Geschichte dieser großen Entdeckung giebt eine schöne Erläuterung davon, welcher Vortheil bei physicalischen Untersuchungen aus einer genauen und sorgfältigen Beachtung eines jeden solchen, wenn auch anscheinend unbedeutenden, Phänomens gezogen werden kann, welches im Augenblick der Wahrnehmung nach angenommenen Principien unerklärlich zu sein scheint. Die zuckenden Bewegungen eines todten Frosches in der Nähe einer electrischen Entladung, welche zuerst Galvani's Aufmerksamkeit auf den Gegenstand lenkten, waren von Anderen schon fast ein Jahrhundert früher bemerkt worden, hatten aber nur in sofern einige Aufmerksamkeit auf sich gezogen, als sie eine von jenem Rest von Lebenskraft, welcher in den organischen Gebilden nicht sogleich mit dem Aufhören des wirklichen Lebens erlischt, abhängige eigenthümliche Erregbarkeit durch

Electricität zu erkennen gaben. Galvani begnügte sich damit nicht. Er analysirte das Phänomen, und wurde durch die Erforschung aller damit verknüpften Umstände zu der Wahrnehmung einer eigenthümlichen electrischen Erregung geführt, welche eintrat, so oft eine Kette aus drei verschiedenen Theilen, einem Muskel, einem Nerv und einem metallischen Leiter, so daß jeder derselben mit den übrigen sich in Contact befand, bildete, und welche sich durch eine in dem Muskel entstehende zuckende Bewegung kund gab. Dieser Erscheinung gab er den Namen thierische Electricität, eine unglückliche Bezeichnung, da sie die Erforschung ihrer Natur auf die Classe der Phänomene, unter denen sie zuerst wahrgenommen worden, zu beschränken strebte. Aber dieser Umstand, welcher in einem der Forschung weniger ergebenen Zeitalter einen üblen Einfluß auf den Fortschritt des Wissens hätte ausüben können, zeigte sich glücklicherweise der ferneren Entwickelung ihrer Gründe nicht hinderlich, da der Gegenstand unmittelbar darauf mit einer Art von prophetischem Eifer von Volta aufgenommen wurde, welcher sofort die Erscheinungen dadurch verallgemeinerte, daß er die von Galvani eingeführten physiologischen Betrachtungen, als der Untersuchung fremd, verließ, und die Zuckungen der Muskel bloß als ein feines Mittel zur Entdeckung electrischer Erregungen ansah, die zu schwach seien, um durch irgend ein anderes Mittel merkbar gemacht werden zu können. So gelangte er zur Kenntniß einer allgemeinen Thatsache, nämlich der Störung des electrischen Gleichgewichts durch die bloße Berührung verschiedenartiger Körper und der Circulation eines electrischen Stromes in einer bestimmten Richtung durch eine aus drei verschiedenen Leitern gebildete Kette. Die Intensität der so beobachteten sehr schwachen und zarten Wirkung zu verstärken, wurde sein nächstes Ziel, und seine Untersuchung schloß nicht eher,

als bis er sich in den Besitz der wundervollsten aller menschlichen Erfindungen, der Säule, die seinen Namen trägt, durch Hülfe einer Reihe wohl geleiteter und logisch verbundener Versuche gesetzt hätte, welche durch wenige in den Annalen der physicalischen Forschung aufbewahrte, wenn überhaupt, übertroffen werden.

374) Obgleich die ursprüngliche Säule Volta's im Vergleich mit den später ausgeführten gigantischen Combinationen nur schwach war, so genügte sie doch, Electricität von einem bis dahin ganz unbekannten Verhalten zu entwickeln, und jene eigenthümlichen Modificationen in ihrer Wirkung zur Ansicht zu bringen, von denen zuerst Wollaston eine befriedigende Rechenschaft dadurch gab, daß er sie auf eine Zunahme der Quantität und eine gleichzeitige Abnahme der Intensität bei der durch die Säule erzeugten Electricität zurückführte. Die Entdeckung war kaum bekannt geworden, und das Instrument in die Hände der Chemiker und Electriker gelangt, als auch schon ausgemacht wurde, daß der durch dasselbe erzeugte electrische Strom, wenn er durch Flüssigkeiten hindurchgeführt wird, in diesen chemische Zersetzungen hervorbringt. Diese hochwichtige Entdeckung scheint zuerst von Nicholson und Carlisle gemacht worden zu sein, welche eine so hervorgebrachte Zersetzung des Wassers beobachteten. Ihr folgte schnell die noch wichtigere von Berzelius und Hisinger, welche als ein allgemeines Gesetz erkannten, daß bei allen so bewirkten Zersetzungen die Säuren und der Sauerstoff zum positiven, der Wasserstoff, die Metalle und die Alkalien aber zum negativen Pol einer Voltaischen Kette geführt und daselbst angehäuft werden, indem sie durch die Wirkung des electrischen Stromes in einem unsichtbaren und gleichsam latenten oder betäubten Zustande durch beträchtliche Räume und selbst durch große Mengen von Wasser oder anderen Flüssigkeiten

hindurchgeführt werden, um mit allen ihren Eigenschaften an den ihnen angewiesenen Ruheplätzen wieder zum Vorschein zu kommen.

375) Bei diesem Stande der Dinge wurde der Gegenstand von Davy aufgenommen, welcher, bemerkend, daß die stärksten chemischen Verwandtschaften so durch die zersetzende Thätigkeit der Säule leicht vernichtet wurden, auf den glücklichen Gedanken gerieth, die intensive Kraft der ungeheuren Batterien des Königlichen Instituts in London auf jene Substanzen wirken zu lassen, welche, obgleich man sie für zusammengesetzt zu halten sehr geneigt war, doch bis dahin allen Zersetzungsversuchen widerstanden hatten — die Alkalien und Erden. Sie gaben der angewandten Kraft nach, und es entstand sofort eine gänzliche Revolution in der Chemie; nicht so sehr durch die Einführung der so ans Licht gebrachten neuen Elemente, als vielmehr durch die neue Art und Weise, die Natur der chemischen Verwandtschaft aufzufassen, welche seitdem (so wie Davy es in einer bald von den ausgezeichnetsten Chemikern, am ersten von Berzelius selbst, angenommenen Theorie ausführlich auseinandersetzte) als gänzlich auf electrischen Anziehungen und Abstoßungen beruhend angesehen worden ist, so daß die Körper, deren Theilchen in einem Zustande des kräftigsten electrischen Antagonismus zu sein pflegen, sich am innigsten mit einander verbinden, und alle Körper sich mit einer der Größe ihres Unterschiedes in dieser Hinsicht proportionalen Kraft gegenseitig entsetzen.

376) Der Zusammenhang der Electricität mit dem Magnetismus war lange vermuthet, und es waren unzählige vergebliche Versuche zur Entscheidung über das Dasein oder Nichtdasein eines solchen Zusammenhangs gemacht worden. Die Electricitätsentwickelung durch Wärme bei manchen crystallisirten Mineralkörpern, welche dabei an ihren

beiden Enden entgegengesetzte Pole zeigen, bot eine so schlagende Analogie mit der Polarität des Magneten dar, daß ein Zweifel an einem engeren Zusammenhange unter diesen beiden Kräften kaum möglich zu sein schien. Die Polarität der Voltaischen Säule wies deutlich nach derselben Folgerung hin, und es wurden sogar Versuche in der Absicht angestellt, auszumitteln, ob eine in Wirksamkeit befindliche Säule nicht etwa ein Bestreben, sich in den magnetischen Meridian zu stellen, zu erkennen geben werde. Aber man vernachlässigte dabei eine wesentliche Bedingung, nämlich die Säule sich durch sich selbst entladen zu lassen, eine Bedingung, die sich sicherlich niemals einem Beobachter von selbst dargeboten haben würde. Von allen mit diesem Gegenstande beschäftigten Naturforschern hatte keiner die Idee eines nothwendigen Zusammenhangs der Phänomene so hartnäckig festgehalten, als Oersted. Oft getäuscht kehrte er immer wieder zum Angriff zurück, und seine Ausdauer wurde zuletzt mit einer vollständigen Enthüllung der wunderbaren Erscheinungen des Electromagnetismus belohnt. Es ist hierin etwas, das uns an Columbus's hartnäckiges Festhalten an seiner Vorstellung von der nothwendigen Existenz der neuen Welt erinnert, und die ganze Geschichte dieser schönen Entdeckung kann dazu dienen, uns Vertrauen zu jenen allgemeinen Analogien und Parallelen zwischen großen Zweigen der Wissenschaft einzuflößen, durch welche, wenn auch keine directe Verknüpfung unter ihnen sich zeigt, einer derselben uns stark an den andern erinnert, und welche eine nicht zu vernachlässigende Andeutung einer Gemeinschaft ihres Ursprungs geben.

337) Es ist höchst wahrscheinlich, daß wir noch mit vielen interessanten Erscheinungen in der Electricitätswissenschaft unbekannt sind, welche das Studium der Voltaischen Kette einst enthüllen wird. Die heftigen mechanischen Wir-

lungen, die sie auf Quecksilber ausübt, welches sich unter leitenden Flüssigkeiten befindet, und die von Einem einer abgeänderten Form der Capillaranziehung zugeschrieben, von Anderen *) aber, nach einer sorgfältigen und ausgedehnten Ansicht des Phänomens, in einem davon sehr verschiedenen Lichte, nämlich als auf eine primäre Action mehr von dynamischer, als von statischer Beschaffenheit hinweisend, betrachtet wurden, verdienen in dieser Hinsicht eine weitere Untersuchung. Auch die merkwürdigen Beziehungen der Electricität zur Wärme, wie sie sich in den Erscheinungen der sogenannten Thermoelectricität zeigen, versprechen einen reichlichen Zuwachs von Belehrung.

378) Unter den merkwürdigen durch Galvani's und Volta's Untersuchungen aufgeschlossenen Wirkungen der Electricität waren vielleicht die meisten Wirkungen ihres Einflusses auf das Nervensystem der Thiere. Der Ursprung der Muskelbewegung ist eines jener tiefen Geheimnisse der Natur, von denen wir kaum zu hoffen wagen dürfen, daß sie jemals werden vollständig erklärt werden können. Indessen hatten die Physiologen lange eine allgemeine Vorstellung von der Fortführung irgend eines feinen Fluidums oder Spiritus vom Gehirn nach den Muskeln der Thiere längs der Nerven unterhalten; und die Entdeckung der raschen Transmission der Electricität längs der Leiter, zusammengenommen mit den bei ihrem Durchgange durch den Körper erfolgenden heftigen Erschütterungen des Nervensystems, konnte sehr natürlich die Idee erwecken, daß diese Nervenflüssigkeit, wenn sie überhaupt eine reelle Existenz habe, keine andere, als die electrische sein möchte. Aber bis zu Galvani's und Volta's Entdeckungen konnte dieß nur für eine vage Muthmaßung gehalten werden. Ihr irgend einen Grad rationeller Wahrscheinlichkeit zu geben, dazu fehlte

*) Phil. Trans. 1824.

ihr das Merkmal einer wahren Urſache, da ſich kein Grund für eine Störung des electriſchen Gleichgewichts in dem ganz aus Leitern zuſammengeſetzten organiſchen Gebilde denken ließ, vielmehr die Annahme einer ſolchen den damals bekannten Geſetzen der Electricitätsmittheilung ganz entgegen zu ſein ſchien. Doch konnte ein ſeltſames und überraſchendes, auf die Möglichkeit einer ſolchen Störung hinweiſendes Phänomen angeführt werden, nämlich die heftigen von dem Zitterrochen und anderen Fiſchen derſelben Gattung ausgetheilten Schläge, welche ſich den electriſchen Erſchütterungen ſo analog zeigten, daß ſie kaum aus einer anderen Quelle abgeleitet werden konnten, obgleich außer dem Schlag bei ihnen weder ein Funke, noch irgend eine andere Anzeige von electriſcher Spannung entdeckt werden konnte.

379) Man hatte ausgemittelt, daß die erſchütternde Wirkung des Zitterrochens von gewiſſen ſonderbar conſtruirten Organen abhängt, die aus häutigen Säulen, welche von einem Ende bis zum andern mit durch eine Flüſſigkeit von einander getrennten Lamellen angefüllt ſind, beſtehen; aber über die Art der Wirkſamkeit dieſer Organe konnte man keine befriedigende Auskunft geben, auch fand ſich nichts in ihrer Conſtruction, und noch weniger in der Beſchaffenheit ihrer Beſtandtheile, was den geringſten Grund gegeben hätte, ſie für einen electriſchen Apparat zu halten. Aber die Voltaiſche Säule bot dazu auf einmal ſowohl hinſichtlich der Structur, als auch der Wirkung eine Analogie dar, ſo daß wenig Zweifel an der electriſchen Natur des Apparats oder an dem gewiß höchſt wunderbaren Vermögen des Thieres übrig blieb, durch einen Act ſeines Willens jenes Zuſammentreffen von Bedingungen, wovon deſſen Wirkſamkeit abhängig iſt, zu beſtimmen. Dieß freilich blieb ein unerklärliches Geheimniß, und wird es wahrſcheinlich immer bleiben. Nachdem aber einmal das Prin-

ein festgestellt war, daß es in der thierischen Oeconomie ein Vermögen giebt, die Entwickelung einer electrischen Erregung, fähig längs der Nerven fortgeleitet zu werden, zu bestimmen, und nachdem durch zahlreiche und entscheidende Versuche ausgemacht worden war, daß die Ueberführung Voltaischer Electricität längs der Nerven selbst todter Thiere hinreichend ist, die heftigsten Muskelbewegungen hervorzubringen, war man auch leicht geneigt, den Ursprung der Muscularbewegung im lebenden Körper einer ähnlichen Ursache zuzuschreiben, und auf das Gehirn, ein wundervoll beschaffenes Organ, für welches man noch nie eine auch nur die geringste Annehmbarkeit besitzende Thätigkeitsweise erdacht hatte, als die Quelle der erforderlichen electrischen Kraft zu blicken *).

380) Es ist indeß nicht unsere Absicht, irgend weiter in eine Betrachtung physiologischer Gegenstände einzugehen. Sie bilden zwar ein höchst wichtiges und interessantes Gebiet der Naturforschung; aber der Gesichtspunct, aus wel-

*) Ist das Gehirn eine beständig thätige electrische Säule, so kann man sich denken, daß es sich in regelmäßigen Intervallen, so oft die Spannung der entwickelten Electricität einen gewissen Punct erreicht, längs der mit dem Herzen communicirenden Nerven entlade, und so die Pulsationen desselben erzeuge. Diese Vorstellung wird sehr durch einen Blick auf Delüc's eleganten Apparat, die trockene Säule, unterstützt, bei welcher die successiven Electricitätsanhäufungen vermittelst einer aufgehängten Kugel fortgeführt werden, die durch diese Entladungen in einem Zustande regelmäßiger Oscillation für jede beliebige Zeitdauer erhalten wird. Wir haben, beim Studium des genannten ausgezeichneten Naturforschers, Zeugnisse von einer auf diese Weise Jahre lang unterhaltenen Thätigkeit einer solchen Säule gefunden. Die nämliche Ursache des Herzschlages scheint sich dem Dr. Arnott dargeboten zu haben, in dessen brauchbarem und vortrefflichem Werke über Physik sie erwähnt wird, welchem wir jedoch diese Idee nicht verdanken, da sie sich uns unabhängig davon vor vielen Jahren schon dargeboten hat.

chem wir die physicalische Wissenschaft betrachtet haben, weist sie auf das Studium der unbelebten Natur vielmehr, als der geheimnißvollen Erscheinungen des organischen Lebens, die den Gegenstand der Physiologie ausmachen, hin. Dagegen ist die Geschichte der animalischen und vegetabilischen Erzeugnisse der Erde, da sie Gegenstände und Stoffe für die Bequemlichkeit und den Nutzen der Menschen darbieten und von den allgemeinen Gesetzen, welche die Vertheilung der Wärme, der Feuchtigkeit und anderer natürlicher Agentien über die Oberfläche der Erde und die Umwälzungen, welche diese erlitten hat, bestimmen, abhängig und zugleich Anzeigen derselben sind, innig mit unserm Gegenstande verknüpft, und veranlaßt uns daher natürlich zu einigen Bemerkungen, die jedoch die Aufmerksamkeit des Lesers nicht lange in Anspruch nehmen werden.

381) In der Zoologie hat der Zusammenhang der eigenthümlichen Lebensweise und Ernährung mit den Eigenthümlichkeiten des Baues deutlichen und zugleich natürlichen Classificationssystemen Entstehung gegeben, und die bedeutenden in der vergleichenden Anatomie gemachten Fortschritte haben uns in den Stand gesetzt, eine Stufenleiter der Organisation fast durch die ganze Kette der thierischen Wesen hindurch zu verfolgen, welche zwar nicht ohne Unterbrechungen ist, welche aber jede neue Entdeckung bis dahin unbekannter Thiere zu vervollständigen gedient hat. Die durch microscopische Beobachtungen enthüllten Wunder haben uns eine neue Welt geöffnet, in welcher wir mit Erstaunen die Extreme von Kleinheit und Verwickelung mit einander vereinigt sehen, während andererseits die Untersuchung der fossilen Ueberreste eines früheren Zustandes der Schöpfung die Existenz von alle jetzt lebenden weit an Größe übertreffenden Thieren bewiesen, und viele Formen von Geschöpfen, zu denen sich gegenwärtig nichts Analoges findet, so wie

andere, die als wichtige Verbindungsglieder zwischen jetzt vorhandenen Gattungen erscheinen, ans Licht gebracht hat. Ungleicht haben auch die Untersuchungen der vergleichenden Anatomen und Conchyliologen den Studien des Geologen die größten Aufklärungen zugeführt, und ihn in den Stand gesetzt, durch das trübe Mittel weniger, hier und dort in einer Schicht unhergestreuter Ueberbleibsel Umstände zu unterscheiden, die mit der Bildung der Schicht selbst im Zusammenhange stehen, und durch keine andere Anzeige erkannt sein würden. Dieß ist eines unter vielen schlagenden Beispielen von den unerwarteten Aufklärungen, welche anscheinend noch so weit von einander entfernte Wissenschaften sich gegenseitig gewähren können.

382) Auf die Botanik sind viele von eben diesen Bemerkungen anzuwenden. Ihre künstlichen Classificationssysteme haben, wie zweckmäßig sie auch sind, doch die Botaniker von dem Streben nicht abgehalten, die Gegenstände ihrer Wissenschaft in natürliche Classen zusammen zu gruppiren, die auf einer innigeren Gemeinschaft der Charactere als diejenigen beruhen, welche jenen in dem Linnäischen oder jedem dem ähnlichen Systeme ihre Stellen anweisen, einer Gemeinschaft der Charactere, die sich auf den ganzen Habitus und alle Eigenschaften der mit einander verglichenen Individuen erstreckt. Die wichtigen neueren chemischen Entdeckungen eigenthümlicher näherer Grundstoffe, welche in specieller Weise gewisse Pflanzenfamilien characterisiren, eröffnen die Aussicht auf ein ungemein erweitertes Feld interessanter Kenntnisse in dieser Richtung, die zugleich in hohem Grade wichtig erscheinen, wenn man bedenkt, daß die so zur Ansicht gebrachten Grundstoffe größtentheils kräftige Arzneistoffe und in der That die wesentlichen Bestandtheile sind, von denen die medicinischen Kräfte der Pflanzen herrühren. Das Gesetz der Verbreitung der generischen Pflan-

genformen über die Erde ist ferner seit einer vergleichungsweise neueren Zeit ein Gegenstand des Studiums für den Naturforscher geworden, und sein Zusammenhang mit den Gesetzen der climatischen Verhältnisse bildet einen der interessantesten und wichtigsten Zweige der naturhistorischen Forschung, der aber noch einer großen Aufklärung durch künftige Untersuchungen bedarf. Er ist es, der das Hauptverbindungsglied zwischen der Botanik und Geologie ausmacht, und eine Kenntniß der fossilen Pflanzen eines jeden Theils der Erdoberfläche zur Bildung eines richtigen Urtheils über die Umstände, unter denen sie in ihrem früheren Zustande existirten, unumgänglich nothwendig macht. Daher wird denn auch die Botanik der Vorwelt mit großem und zunehmendem Eifer cultivirt; und die unterirdische »Flora« einer geologischen Formation wird nicht selten mit einer wenig geringeren Sorgfalt und Genauigkeit, als die ihre Oberfläche schmückende, studirt.

Zusatz des Uebersetzers.

Die in §. 377. ausgesprochene Vermuthung ist nach der Erscheinung des Originals dieser Schrift auf eine glänzende Weise durch Faraday's Entdeckung der sogenannten Magneto-Electricität in Erfüllung gegangen. Faraday ist es nämlich nach vielen vergeblichen Versuchen gelungen, sowohl durch einen galvanischen (also magnetischen) Schließungsdraht, als auch durch einen Magneten selbst in einem andern benachbarten Metalldraht einen electrischen Strom zu erregen, welcher unter geeigneten Umständen alle electrischen Erscheinungen hervorzubringen im Stande ist, und auch der in §. 160. erwähnten Erscheinung ihre Entstehung giebt. Durch diese große Entdeckung ist, wenn auch der electrische Ursprung des Magnetismus dadurch nicht außer

Zweifel gesetzt wird, doch die engste Verknüpfung zwischen der Electricität und dem Magnetismus und die entschiedenste gegenseitige Abhängigkeit beider erwiesen worden.

Sechstes Capitel.

Von den Ursachen des gegenwärtigen raschen Fortschreitens der physicalischen Wissenschaften im Vergleich mit deren Ausbildung zu einer früheren Zeit.

---

383) Es giebt keinen außerordentlicheren Contrast, als den, welchen eine Vergleichung des langsamen Fortschreitens der physicalischen Wissenschaften von den frühesten Zeiten an bis zum Schluß des sechszehnten Jahrhunderts mit der raschen Entwickelung, die sie seitdem erfahren haben, darbietet. In der früheren Periode ihrer Geschichte sehen wir den Stamm des Wissens innerhalb langer Zeiträume nur um kleine Zusätze wachsen, und eine gänzliche Gleichgültigkeit von Seiten der großen Masse der Menschen gegen das Studium der Natur fast ein vollständiges Vergessen früherer Entdeckungen herbeiführen, oder diesen höchstens gestatten, mehr als literarische Curiositäten, denn als Gegenstände von irgend eigenem inneren Interesse und Werth, der Aufbewahrung zu harren. Wenige forschende Individuen mochten von Zeit zu Zeit ihre Bedeutung wahrnehmen, und jenen unwiderstehlichen Drang nach Erkenntniß fühlen, der in höheren Seelen äußeren Antrieb und Gelegenheit ersetzt. Aber der gänzliche Mangel einer gehörigen

Richtung für die Forschung und einer deutlichen Wahrnehmung der zu erstrebenden Gegenstände und der durch eine systematische und zusammenhängende Untersuchung zu gewinnenden Vortheile, verbunden mit der allgemeinen Abneigung der Menschen gegen Speculationen, die den gewöhnlichen Geschäften des Lebens fremd, und geflissentlich in gelehrte Geheimnisse eingehüllt waren, verhinderten mit Macht, daß diese gelegentlichen Impulse die Trägheit der Unwissenheit hätten überwinden, und der Wissenschaft irgend einen regelmäßigen und stetigen Fortgang einprägen können. Ihre Gegenstände waren in der That auf eine für die gemeine Fassungskraft zu erhabene Region beschränkt. Ein Erdbeben, ein Comet, ein feuriges Meteor mochte wohl dann und wann die Aufmerksamkeit der ganzen Welt auf sich ziehen, und ein reichliches Zusammenströmen von rohen und phantastischen Muthmaaßungen über ihre Ursachen aus allen Gegenden veranlassen; aber nie dachte man daran, daß Wissenschaften sich mit gewöhnlichen Dingen befassen, unter mechanischen Künsten eine Stelle einnehmen, oder in der Grube und dem Laboratorium würdigen Stoff zur Speculation finden könnten. Doch kann man nicht annehmen, daß alle Anzeigen der Natur fortwährend unbeachtet vorübergegangen sein sollten; manche gute Beobachtung und manches feine Raisonnement darüber mag unaufgezeichnet verloren gegangen seyn, ehe die Erfindung der Buchdruckerkunst jedermann in den Stand setzte, seine Ideen aller Welt bekannt zu machen. Aber von dem Augenblick dieses Ereignisses an schlugen die Funken der Belehrung von Zeit zu Zeit aus, und begannen, anstatt einen Augenblick zu glimmen und dann zu gänzlicher Vergessenheit zu verlöschen, sich zu einer geistigen Glut zu sammeln und eine Flamme anzuzünden, welche bald die Stärke und unaufhaltsame Ausbreitung einer Feuersbrunst erlangte. Die all-

gemeine geistige Aufregung der Menschen, welche der erste Ausbruch der neueren Wissenschaft durch ganz Europa hervorbrachte, ist bereits erwähnt worden. Aber selbst die sanguinischste Erwartung hätte kaum den stetigen, ununterbrochenen Fortgang, den sie seitdem beibehalten hat, und noch weniger die rasche Folge von großen Entdeckungen vorhersehen können, welche das Interesse des ersten Impulses in gleicher Stärke unvermindert erhalten hat. Man kann in der That mit Wahrheit sagen, daß es kaum einen einzelnen Zweig der physicalischen Forschung giebt, der sich in einem Stillstande befände, oder der nicht seit vielen Jahren in einem steten Fortschreiten begriffen gewesen wäre, und dessen Fortschritt nicht in diesem Augenblick mit einer beschleunigten Geschwindigkeit statt fände.

384) Unter den Ursachen dieses glücklichen und erwünschten Zustandes der Dinge haben wir ohne Zweifel in erster Instanz die große Zunahme an Wohlfahrt und Civilisation zu betrachten, welche mit der Gewährung der nöthigen Muße zugleich den Geschmack an intellectuellen Bestrebungen unter einer großen Zahl von Menschen verbreitet hat, und sich, in Folge der Erweiterung und neuen Gründung civilisirter Gemeinschaften in allen und selbst den entferntesten Gegenden der Erde mit reißender Geschwindigkeit mehr und mehr über die ganze Erde ausbreitet. Indessen haben wir hier nicht bloß die größere Zahl von Anbauern der Wissenschaft, sondern auch die Vervielfältigung der Gelegenheiten zu Aufschlüssen zu betrachten, welche in der That in allen den zahlreichen Gebieten der Naturforschung, die vieler Belehrung bedürfen, das Wichtigste von Allem ist. Dieser Ursache müssen wir die in neuerer Zeit jedem Zweige der Naturgeschichte zu Theil gewordene große Ausdehnung und die ungeheuren Beiträge zuschreiben, welche den Gebieten der Zoologie und Botanik in allen ihren Ver-

zweigungen zugebracht worden sind und täglich werden. Es ist auch einleuchtend, daß alle möglicherweise durch die erleuchtetsten und thätigsten Reisenden zu erlangenden Aufschlüsse gegen die von an Ort und Stelle wohnenden Personen zu gewinnenden unendlich weit zurückstehen müssen. Reisende können zwar Sammlungen machen, einige eilige Beobachtungen erhaschen, z. B. die Vertheilung geologischer Formationen an wenigen zerstreuten Puncten aufzeichnen, und dann und wann von merkwürdigen localen Erscheinungen Zeugen sein; aber nur der Ansässige kann fortgesetzte Reihen von regelmäßigen Beobachtungen, wie die wissenschaftliche Bestimmung der Klimate, der Ebbe und Fluth, der magnetischen Variationen und unzähliger anderer Gegenstände der Art sie erfordern, machen; er allein kann alle Einzelnheiten der geologischen Structur anmerken, und jeder Schicht durch Hülfe einer sorgsamen und lange fortgesetzten Beobachtung ihres fossilen Inhalts ihr wahres relatives Alter anweisen; kann allein die Gewohnheiten der Thiere seiner Gegend und die Grenzen der Vegetation derselben aufzeichnen, oder eine befriedigende Kenntniß ihrer Mineralien und tausend anderer Eigenthümlichkeiten erlangen, die wesentlich zu einer solchen vollständigen Bekanntschaft mit unserer Erdkugel als einem Ganzen gehören, welche unter der umfassenden Bezeichnung »physische Geographie« zu verstehen ist. Daneben sind die vermehrten Gelegenheiten zur Beobachtung und Aufzeichnung jener außerordentlichen Naturerscheinungen nicht zu vergessen, welche sowohl wegen der Seltenheit ihres Vorkommens, als auch wegen der Belehrung, die sie zu gewähren geeignet sind, ein ungewöhnliches Interesse darbieten. Was können wir nun aber nicht erwarten, wenn der wissenschaftliche Forschungsgeist sich erst in jenen weiten Gegenden ausgebreitet haben wird, in denen die Civilisation, seine sichere Vor-

iſt, geben, in der That einen ſehr bedeutenden Einfluß auf die Beſtimmung ihres ferneren Fortſchrittes, ganz unabhängig von der Quantität von Belehrung, die ſie mittheilen. Hinſichtlich der elementaren Werke iſt es unnöthig auf ihren Nutzen hinzuweiſen, oder bei dem Einfluß zu verweilen, den ihr gegenwärtiger Ueberfluß, verglichen mit ihrem früheren bemerkenswerthen Mangel, ohne Zweifel auf die Zukunft ausüben wird. Nur durch Concentrirung, Vereinfachung und möglichſt lichtvolle Anordnung der gewonnenen Erkenntniß früherer Generationen können die kommenden in den Stand geſetzt werden, von dem vorgerückten Standpuncte, von welchem ſie ausgehen, vollen Nutzen zu ziehen.

386). Eines der Mittel, wodurch ein vorgerückter Zuſtand der phyſicaliſchen Wiſſenſchaft ſehr dazu beiträgt, ihren ferneren Fortſchritt zu beſchleunigen und zu ſichern, iſt die erlangte Kenntniß phyſicaliſcher Data oder jener normalen Größen, von denen wir im Vorhergehenden mehr als einmal geſprochen haben (222.); eine Kenntniß, die uns in den Stand ſetzt, nicht nur die Genauigkeit von Verſuchen zu würdigen, ſondern auch ſogar deren Reſultate zu berichtigen. Da es für den Zuſtand der Wiſſenſchaft zu jeder Zeit kein zuverläſſigeres Merkmal giebt, als den Grad der auf die Wahl ſolcher Data, welche die möglichſt einfachen Grundlagen für die Anwendung der Theorien abgeben können, verwandten Sorgfalt, der dabei ſich zeigenden Beurtheilungskraft und der in deren Beſtimmung erreichten Genauigkeit, ſo giebt es kaum irgend etwas, wodurch der Wiſſenſchaft eine wahrhaft größere Wohlthat erwieſen werden könnte, als durch Unterſuchungen, die ausdrücklich auf dieſen Gegenſtand und auf die Conſtruction von Tafeln gerichtet ſind, welche die wahren numeriſchen Beziehungen der Elemente der Theorien und den wirklichen

Zustand der Natur in allen ihren verschiedenen Theilen darstellen. Nur durch solche Bestimmungen können wir ermitteln, was für Veränderungen in der bestehenden Ordnung der Dinge langsam und unmerklich vor sich gehen, und diese Kenntniß wird um so eher gewonnen werden, je genauer jene Bestimmungen sind. Was würden wir nicht jetzt von den Bewegungen der sogenannten Fixsterne wissen, wenn die Alten die jetzt vorhandenen Beobachtungsmittel besessen, und sie so angewandt hätten, wie es gegenwärtig geschieht?

387) Bei der Aufzählung der Ursachen, die zu dem neueren raschen Fortschreiten der Wissenschaft beigetragen haben, dürfen wir die höchst bedeutende nicht vergessen, welche in der bereits erreichten und immer noch zunehmenden Vervollkommnung der Beobachtungsmittel besteht, sowohl was die zu genauen Größenmessungen eingerichteten Instrumente, als auch was die Bequemlichkeit und wohlbedachte Zweckmäßigkeit aller Arten wissenschaftlicher Apparate betrifft. Bei dem jetzigen Zustande der Wissenschaft giebt es nur wenige Beobachtungen, die ohne Anwendung genauer Messung irgend fruchtbar an beträchtlichem Gewinn sein können, und eine zunehmende Vervollkommnung in dieser Rücksicht wird auch mehr und mehr hervorgerufen. Der, wir wollen nicht sagen bei den vollendetsten Werken der höchsten Kunst, sondern bei den jedem Beobachter zugänglichen gewöhnlichen Apparaten gegenwärtig erreichte Grad von Genauigkeit ist von der Art, daß er nur bei einem solchen Zustande der mechanischen Künste, welcher (so groß ist die Wechselwirkung zwischen Ursache und Wirkung) seinerseits ohne einen sehr vorgerückten Zustand der Wissenschaft nicht bestehen kann, hat erreicht werden können. Welch ein bedeutender Einfluß auf das Fortschreiten eines einzelnen Zweiges der Wissenschaft durch die Erfindung ei-

[illegible] leicht ausführbaren und angemessenen Messungsmethode und durch die Construction und allgemeine Einführung eines dazu brauchbaren Instruments ausgeübt werden könne, davon läßt sich kein besseres Beispiel anführen, als der Einfluß des Reflexionsgoniometers. Dieses einfache, wohlfeile und tragbare kleine Instrument hat die Gestalt der Mineralogie gänzlich verändert, und ihr alle Kennzeichen einer exacten Wissenschaft verliehen.

[illegible]) Unsere Hülfsmittel zur Wahrnehmung und Messung kleiner Größen, in den wichtigen Beziehungen des Gewichts, des Raumes und der Zeit, scheinen bereits bis zu einem Puncte gekommen zu sein, von welchem man sich kaum vorstellen kann, daß er noch sollte überschritten werden können. Man hat Waagen construirt, welche den millionten Theil des Gewogenen sichtbar machen, und eine Anzeige von dem tausendsten Theil eines Grains geben schon Waagen, welche auf keinen sehr ungewöhnlichen Grad von Güte Anspruch machen können. Die schöne Erfindung des Sphärometers erlaubt, vermittelst einer Ersetzung des Gesichtssinnes durch den Tastsinn bei der Messung kleiner Gegenstände, die Bestimmung ihrer Dimensionen mit einem Grade von Schärfe, welcher den höchsten Zwecken der wissenschaftlichen Forschung völlig angemessen ist. Durch seine Hülfe kann der Zoll leicht in zehn oder gar zwanzigtausend Theile getheilt werden; und der bei den deutschen Optikern in Gebrauch befindliche Fühlhebel setzt uns in den Stand, noch kleinere Raumgrößen zu schätzen. Für die Zeittheilung hat ferner die Vollkommenheit des neueren Mechanismus Hülfsmittel verliehen, die sehr wenig zu wünschen übrig lassen. Beim Gebrauch der Uhren und Chronometer, so wie sie jetzt construirt werden, machen wenige Zehntheile einer Secunde den ganzen Irrthum aus, welcher in der Unterabtheilung eines Tages zu befürchten ist; und für die

weitere Theilung in kleinere Zeittheile sind Instrumente erdacht worden, welche eine fast unbegrenzte Genauigkeit zulassen, und die Schätzung von Zeittheilen bis zum hundertsten und sogar tausendsten Theil der Secunde gestatten *). Wenn man der durch solche Mittel erreichbaren Genauigkeit das gegenüberstellt, was vor wenigen Generationen, selbst noch während des ersten Theils des vorigen Jahrhunderts, durch die damalige rohe und plumpe Arbeit geleistet werden konnte, so wird man nicht darüber erstaunen, daß die von genauen Messungen abhängigen Wissenschaften so außerordentlich fortgeschritten sind. Auch wird kein Grad von Schärfe bei physicalischen Bestimmungen uns unerreichbar erscheinen, wenn wir die unerschöpflichen Hülfsquellen betrachten, welche die Wissenschaft selbst uns darbietet, indem wir ein sehr Vielfaches von den für die Zwecke der Theorie erforderten Größen der wirklichen Messung unterwerfen, und dadurch in gleichem Verhältniß den Einfluß etwaiger Beobachtungsfehler auf die Endresultate vermindern.

389) So groß aber auch die neueren Verbesserungen in der Construction der Instrumente, in Hinsicht auf Zweckmäßigkeit sowohl, als auf Genauigkeit, gewesen sind, so ist doch der hauptsächlichste Fortschritt der auf genauen Bestimmungen beruhenden Theile der Wissenschaft der Erfindung verbesserter Beobachtungsmethoden zuzuschreiben. Die Drehwaage, Cavendish's und Coulomb's sinnreiche Erfindung, kann dafür als Beispiel dienen. Durch ihre Hülfe sind wir im Stande, Grade von Kraft, die zu unendlich schwach sind, als daß sie die zarteste Waage von der gewöhnlichen Construction, selbst wenn es möglich wäre, sie darauf wirken zu lassen, afficiren könnten, nicht nur merklich zu machen, sondern einer genauen Messung und Thei-

*) S. die Beschreibung einer Einrichtung dieser Art von Young, Lectures I. 191.

lung zu unterwerfen. Ein anderes Beispiel dieser Art bietet das Galvanometer dar, ein Instrument, dessen hohe Empfindlichkeit auf der Anzeige elektrischer Kräfte beruht, die wir durch kein anderes Mittel merklich zu machen, aber mit Genauigkeit zu schätzen vermögen. Hinsichtlich der Bestimmung an sich weniger kleiner Größen können die vom Arago und Fresnel erfundenen Methoden zur Messung der brechenden Kräfte durchsichtiger Mittel vermittelst des Interferenzphänomens als einen Grad von Genauigkeit gewährend angesehen werden, der nur von dem Willen des Beobachters, von der Zeit und Geduld, die er seiner Beobachtung zu widmen geneigt ist, abhängt. Und hinsichtlich der Richtung der Beobachtungen auf Punkte, von welchen reelle Aufschlüsse erlangt und positive Folgerungen abgeleitet werden können, kann Daniell's Hygrometer als ein Beispiel von der Einführung eines Instruments in den allgemeinen Gebrauch erwähnt werden, welches eine auf strenge Principien gegründete Anzeige an die Stelle einer völlig willkührlichen setzt.

299) Indem wir über die Aussichten der physikalischen Wissenschaft für die Zukunft nachdenken, würden wir mit Unrecht die Wahrscheinlichkeit oder vielmehr Gewißheit des gelegentlichen Eintreffens ähnlicher glücklicher Zufälle außer Acht lassen, wie sie auf die vergangene Zeit von so mächtigem Einfluß gewesen sind; Gelegenheiten, wo eine in günstiger Stunde beobachtete glückliche Combination uns in einem Augenblick zur Kenntniß von Principien führen kann, von denen ohne eine solche zufällige Beobachtung nicht einmal eine Ahnung entstehen würde. Boyle hat einen seiner Aufsätze merkwürdiger Weise so betitelt: »Von der großen Unwissenheit der Menschen über den Nutzen der natürlichen Dinge; oder daß es nicht ein Ding in der Natur giebt, dessen Nutzbarkeit

für das menſchliche Leben ſchon vollſtändig bekannt wäre« *). Die ganze Geſchichte der Künſte ſeit Boyle's Zeit iſt eine fortlaufende Erläuterung zu dieſem Texte; und wenn wir unter den Gebrauchsweiſen der Naturwerke auf jene ſicherlich edelſte von allen blicken, welche uns zu einer Erkenntniß des Schöpfers durch die Betrachtung der wundervollen Mittel führt, durch welche Er in Seinen Werken Seine Zwecke in Erfüllung gebracht hat, ſo ſind die Wiſſenſchaften in der Bezeugung der Wahrheit deſſelben nicht zurückgeblieben. Wir können auch nicht annehmen, daß durch die bereits gemachten Entdeckungen das Feld im Geringſten beengt oder überhaupt die Wahrſcheinlichkeit zu Gunſten neuer glücklicher Entdeckungen vermindert worden ſey; im Gegentheil haben beide unberechenbar an Ausdehnung gewonnen. Zwar ſind die vor unſeren Augen vorgehenden gewöhnlichen Erſcheinungen ſehr genau unterſucht, und die der oberflächlichen Beobachtung ſich darbietenden ſchlagenderen und offenbareren Principien erkannt und unſeren Syſtemen der Wiſſenſchaft einverleibt worden; aber jede neue Entdeckung in der Wiſſenſchaft, um nicht zu erwähnen, daß bei weitem der größere Theil der Naturerſcheinungen noch unerklärt bleibt, bringt ganze Claſſen von Thatſachen, die ohne ſie durchaus nie von uns bemerkt worden ſein würden, zum Vorſchein, und ſtellt Beziehungen feſt, welche dem philoſophirenden Geiſte für ſeine Speculation ein beſtändig ſich erweiterndes Feld darbieten, bei deſſen Durchmuſterung es faſt unmöglich iſt, daß er nicht neuen und unerwarteten Principien begegnen ſollte. Wie unendlich größer iſt nicht zum Beiſpiel jetzt die Wahrſcheinlichkeit für Entdeckungen im Gebiete der Chemie bei der Unzahl von Verbindungen, mit denen der heutige Chemiker

*) Boyle's Works, fol, vol. III. Essay X. p. 185.

vertraut ist, als zu der Zeit, wo zwei oder drei imaginäre Elemente und einige zehn oder zwanzig Substanzen, deren Eigenschaften mit einiger Annäherung zur Bestimmtheit bekannt waren, den engen Kreis bildeten, auf welchen der Chemiker seine Gedanken zu beschränken hatte? Wie häufig sind nicht die Fälle, wo eine neue Substanz oder eine neue Eigenschaft, durch ihre Einführung in den täglichen Gebrauch mit allen Elementen unsers gegenwärtigen Wissens in Beziehung gebracht, das Mittel zur Enthüllung von Eigenschaften und Principien unter den gemeinsten Gegenständen geworden ist, die auf keine andere Weise jemals hätten entdeckt werden können? Hätte man (um ein Beispiel anzuführen), wenn das Platin nicht ein Gegenstand des gemeinsten Vorkommens in den Laboratorien gewesen wäre, jemals ahnen können, daß eine ohne Flamme brennende Lampe construirt werden kann? und würden wir ohne diese jemals zu einer Kenntniß jener seltsamen Phänomene und Producte einer Halbverbrennung gelangt sein, welche dieser schöne Versuch enthüllt?

391) Wenn wir schließlich auf das, was in der Wissenschaft bereits vollführt worden ist, zurückblicken, und es mit dem, was noch zu thun übrig bleibt, vergleichen, so ist es kaum möglich, daß wir nicht stark von dem Gedanken ergriffen werden sollten, daß wir eine Arbeit ausgeführt haben und noch ausführen, welche erst künftigen Generationen zum Nutzen gereichen wird *). Nur in wenigen Fällen sind wir zu jenen allgemeinen Grundgesetzen gelangt, welche eine directe deductive Anwendung gestatten, und uns die Erklärungen der physischen Erscheinungen als eben so viele Probleme vor Augen stellen, zu deren Lösung wir die Principien vollständig besitzen, und welche zu ihrer

*) Jackson, The Four Ages, p. 52. London. 1798.

Verfolgung bis in ihre entlegensten Winkel nichts als Schärfe des Raisonnements verlangen. In noch wenigeren Fällen haben wir eine solche Herrschaft über das abstracte Raisonnement selbst erreicht, wie sie zur Erfüllung einer so schwierigen Aufgabe nothwendig ist. So bleibt also die Wissenschaft, in Beziehung zu unseren Fähigkeiten, grenzenlos und unergründlich, und nach dem Verlauf von anderthalb Jahrhunderten nach der Zeit der Entdeckungen Newtons, während welcher jeder Theil derselben mit sichtlich reich belohntem Eifer und Kraftaufwande cultivirt worden ist, bleiben wir noch in der Lage, in welcher er sich zeichnete, — an dem Gestade eines weiten Oceans stehend, von dessen Rande wir wohl einige jener unzähligen schönen Erzeugnisse, die er mit verschwenderischer Freigebigkeit auswirft, aufgelesen haben mögen, deren Gewinnung aber nicht als eine Verminderung seiner noch zurückbleibenden Schätze angesehen werden kann.

392) Aber diese Betrachtung, weit entfernt, unsere Anstrengungen zu unterdrücken oder uns die Hoffnung, irgend etwas wahrhaft Großes erreichen zu können, zu rauben, muß uns vielmehr zu neuen Unternehmungen durch die Aussicht auf eine gesicherte und reichliche Belohnung aus jenem unerschöpflichen Vorrathe ermuntern, welcher nur auf unsere fortgesetzten Bemühungen wartet. »Es ist keine Geringschätzung menschlicher Fähigkeit, wenn man sie für unvermögend hält, sich unendlich zu äußern, oder einen unendlichen Gegenstand zu erschöpfen« *). Auf welchen Standpunct des Wissens wir uns auch den Menschen gestellt denken mögen, so ist doch für sein Fortschreiten zu einem noch höheren nie ein unübersteigliches Hinderniß zu befürchten, sondern dieses muß bis zum letzten Augenblick der Existenz der Gesellschaft währen.

*) Johnson, The Four Ages, p. 90.

393) In dieſer Rückſicht iſt die Anſicht der Wiſſenſchaft vortheilhaft, welche alle ihre Fortſchritte auf die Entdeckung allgemeiner Geſetze und auf die Einſchließung deſſen, was bereits bekannt iſt, in Verallgemeinerungen von noch höheren Ordnungen bezieht; inſofern dieſe Anſicht des Gegenſtandes ihn darſtellt, wie er wirklich iſt, weſentlich unvollſtändig und unfähig, in irgend einem Syſtem völlig verkörpert, oder von einem einzelnen Geiſte ganz umfaßt zu werden. Jedoch müſſen wir daran erinnern, daß, ſo weit unſere Erfahrung bisher gereicht hat, jede Annäherung zur Allgemeinheit auch ein Schritt zur Vereinfachung geweſen iſt. Nur wenn wir in den Irrgängen der Einzelnheiten umherſchweifen und uns darin verlieren, oder uns in vergebliche Verſuche verwickeln, unſern Weg abwärts auf die dornigen Pfade ſolcher Anwendungen zu lenken, zu denen unſere Verſtandeskräfte unzureichend ſind, erſcheint uns die Natur verwickelt: — aber in dem Augenblick, wo wir ſie betrachten, wie ſie iſt, und einen Standpunct einnehmen, von welchem wir eine beherrſchende Ueberſicht, wenn auch nur über einen kleinen Theil ihres Gebiets, gewinnen können, verfehlen wir nie, jene erhabene Einfachheit zu erkennen, bei welcher die Seele mit dem befriedigenden Bewußtſein, die Wahrheit erreicht zu haben, verweilt.

ist, geben, in der That einen sehr bedeutenden Einfluß auf die Bestimmung ihres ferneren Fortschrittes, ganz unabhängig von der Quantität von Belehrung, die sie mittheilen. Hinsichtlich der elementaren Werke ist es unnöthig auf ihren Nutzen hinzuweisen, oder bei dem Einfluß zu verweilen, den ihr gegenwärtiger Ueberfluß, verglichen mit ihrem früheren bemerkenswerthen Mangel, ohne Zweifel auf die Zukunft ausüben wird. Nur durch Concentrirung, Vereinfachung und möglichst lichtvolle Anordnung der gewonnenen Erkenntniß früherer Generationen können die kommenden in den Stand gesetzt werden, von dem vorgerückten Standpuncte, von welchem sie ausgehen, vollen Nutzen zu ziehen.

386). Eines der Mittel, wodurch ein vorgerückter Zustand der physicalischen Wissenschaft sehr dazu beiträgt, ihren ferneren Fortschritt zu beschleunigen und zu sichern, ist die erlangte Kenntniß physicalischer Data oder jener normalen Größen, von denen wir im Vorhergehenden mehr als einmal gesprochen haben (222.); eine Kenntniß, die uns in den Stand setzt, nicht nur die Genauigkeit von Versuchen zu würdigen, sondern auch sogar deren Resultate zu berichtigen. Da es für den Zustand der Wissenschaft zu jeder Zeit kein zuverlässigeres Merkmal giebt, als den Grad der auf die Wahl solcher Data, welche die möglichst einfachen Grundlagen für die Anwendung der Theorien abgeben können, verwandten Sorgfalt, der dabei sich zeigenden Beurtheilungskraft und der in deren Bestimmung erreichten Genauigkeit, so giebt es kaum irgend etwas, wodurch der Wissenschaft eine wahrhaft größere Wohlthat erwiesen werden könnte, als durch Untersuchungen, die ausdrücklich auf diesen Gegenstand und auf die Construction von Tafeln gerichtet sind, welche die wahren numerischen Beziehungen der Elemente der Theorien und den wirklichen

Zustand der Natur in allen ihren verschiedenen Theilen darstellen. Nur durch solche Bestimmungen können wir ermitteln, was für Veränderungen in der bestehenden Ordnung der Dinge langsam und unmerklich vor sich gehen, und diese Kenntniß wird um so eher gewonnen werden, je genauer jene Bestimmungen sind. Was würden wir nicht jetzt von den Bewegungen der sogenannten Fixsterne wissen, wenn die Alten die jetzt vorhandenen Beobachtungsmittel besessen, und sie so angewandt hätten, wie es gegenwärtig geschieht?

387) Bei der Aufzählung der Ursachen, die zu dem neueren raschen Fortschreiten der Wissenschaft beigetragen haben, dürfen wir die höchst bedeutende nicht vergessen, welche in der bereits erreichten und immer noch zunehmenden Vervollkommnung der Beobachtungsmittel besteht, sowohl was die zu genauen Größenmessungen eingerichteten Instrumente, als auch was die Bequemlichkeit und wohlbedachte Zweckmäßigkeit aller Arten wissenschaftlicher Apparate betrifft. Bei dem jetzigen Zustande der Wissenschaft giebt es nur wenige Beobachtungen, die ohne Anwendung genauer Messung irgend fruchtbar an beträchtlichem Gewinn sein können, und eine zunehmende Vervollkommnung in dieser Rücksicht wird auch mehr und mehr hervorgerufen. Der, wir wollen nicht sagen bei den vollendetsten Werken der höchsten Kunst, sondern bei den jedem Beobachter zugänglichen gewöhnlichen Apparaten gegenwärtig erreichte Grad von Genauigkeit ist von der Art, daß er nur bei einem solchen Zustande der mechanischen Künste, welcher (so groß ist die Wechselwirkung zwischen Ursache und Wirkung) seinerseits ohne einen sehr vorgerückten Zustand der Wissenschaft nicht bestehen kann, hat erreicht werden können. Welch ein bedeutender Einfluß auf das Fortschreiten eines einzelnen Zweiges der Wissenschaft durch die Erfindung ei-

ner leicht ausführbaren und angemessenen Messungsmethode und durch die Construction und allgemeine Einführung eines dazu brauchbaren Instruments ausgeübt werden könne, davon läßt sich kein besseres Beispiel anführen, als der Einfluß des Reflexionsgoniometers. Dieses einfache, wohlfeile und tragbare kleine Instrument hat die Gestalt der Mineralogie gänzlich verändert, und ihr alle Kennzeichen einer exacten Wissenschaft verliehen.

388) Unsere Hülfsmittel zur Wahrnehmung und Messung kleiner Größen, in den wichtigen Beziehungen des Gewichts, des Raumes und der Zeit, scheinen bereits bis zu einem Puncte gekommen zu sein, von welchem man sich kaum vorstellen kann, daß er noch sollte überschritten werden können. Man hat Waagen construirt, welche den millionten Theil des Gewogenen sichtbar machen, und eine Anzeige von dem tausendsten Theil eines Grains geben schon Waagen, welche auf keinen sehr ungewöhnlichen Grad von Güte Anspruch machen können. Die schöne Erfindung des Sphärometers erlaubt, vermittelst einer Ersetzung des Gesichtssinnes durch den Tastsinn bei der Messung kleiner Gegenstände, die Bestimmung ihrer Dimensionen mit einem Grade von Schärfe, welcher den höchsten Zwecken der wissenschaftlichen Forschung völlig angemessen ist. Durch seine Hülfe kann der Zoll leicht in zehn oder gar zwanzigtausend Theile getheilt werden; und der bei den deutschen Optikern in Gebrauch befindliche Fühlhebel setzt uns in den Stand, noch kleinere Raumgrößen zu schätzen. Für die Zeittheilung hat ferner die Vollkommenheit des neueren Mechanismus Hülfsmittel verliehen, die sehr wenig zu wünschen übrig lassen. Beim Gebrauch der Uhren und Chronometer, so wie sie jetzt construirt werden, machen wenige Zehntheile einer Secunde den ganzen Irrthum aus, welcher in der Unterabtheilung eines Tages zu befürchten ist; und für die

weitere Theilung in kleinere Zeittheile sind Instrumente erdacht worden, welche eine fast unbegrenzte Genauigkeit zulassen, und die Schätzung von Zeittheilen bis zum hundertsten und sogar tausendsten Theil der Secunde gestatten *). Wenn man der durch solche Mittel erreichbaren Genauigkeit das gegenüberstellt, was vor wenigen Generationen, selbst noch während des ersten Theils des vorigen Jahrhunderts, durch die damalige rohe und plumpe Arbeit geleistet werden konnte, so wird man nicht darüber erstaunen, daß die von genauen Messungen abhängigen Wissenschaften so außerordentlich fortgeschritten sind. Auch wird kein Grad von Schärfe bei physicalischen Bestimmungen uns unerreichbar erscheinen, wenn wir die unerschöpflichen Hülfsquellen betrachten, welche die Wissenschaft selbst uns darbietet, indem wir ein sehr Vielfaches von den für die Zwecke der Theorie erforderten Größen der wirklichen Messung unterwerfen, und dadurch in gleichem Verhältniß den Einfluß etwaiger Beobachtungsfehler auf die Endresultate vermindern.

389) So groß aber auch die neueren Verbesserungen in der Construction der Instrumente, in Hinsicht auf Zweckmäßigkeit sowohl, als auf Genauigkeit, gewesen sind, so ist doch der hauptsächlichste Fortschritt der auf genauen Bestimmungen beruhenden Theile der Wissenschaft der Erfindung verbesserter Beobachtungsmethoden zuzuschreiben. Die Drehwaage, Cavendish's und Coulombs sinnreiche Erfindung, kann dafür als Beispiel dienen. Durch ihre Hülfe sind wir im Stande, Grade von Kraft, die zu unendlich schwach sind, als daß sie die zarteste Waage von der gewöhnlichen Construction, selbst wenn es möglich wäre, sie darauf wirken zu lassen, afficiren könnten, nicht nur merklich zu machen, sondern einer genauen Messung und Thei-

*) S. die Beschreibung einer Einrichtung dieser Art von Young, Lectures I. 191.

lung zu unterwerfen. Ein anderes Beiſpiel derſelben Art bietet das Galvanometer dar, ein Inſtrument, deſſen hohe Nützlichkeit auf der Anzeige electriſcher Kräfte beruht, die wir durch kein anderes Mittel merklich zu machen, oder mit Genauigkeit zu ſchätzen vermögen. Hinſichtlich der Beſtimmung an ſich weniger kleiner Größen können die von Arago und Fresnel erdachten Methoden zur Meſſung der brechenden Kräfte durchſichtiger Mittel vermittelſt des Beugungsphänomens als einen Grad von Genauigkeit gewährend angeführt werden, der nur von dem Willen des Beobachters, von der Zeit und Geduld, die er ſeiner Beobachtung zu widmen geneigt iſt, abhängt. Und hinſichtlich der Richtung der Beobachtungen auf Puncte, von welchen reelle Aufſchlüſſe erlangt und poſitive Folgerungen abgeleitet werden können, kann Daniell's Hygrometer als ein Beiſpiel von der Einführung eines Inſtruments in den allgemeinen Gebrauch erwähnt werden, welches eine auf ſtrenge Principien gegründete Anzeige an die Stelle einer völlig willkührlichen ſetzt.

390) Indem wir über die Ausſichten der phyſicaliſchen Wiſſenſchaft für die Zukunft nachdenken, würden wir mit Unrecht die Wahrſcheinlichkeit oder vielmehr Gewißheit des gelegentlichen Eintreffens ähnlicher glücklicher Zufälle außer Acht laſſen, wie ſie auf die vergangene Zeit von ſo mächtigem Einfluß geweſen ſind; Gelegenheiten, wo eine in günſtiger Stunde beobachtete glückliche Combination uns in einem Augenblick zur Kenntniß von Principien führen kann, von denen ohne eine ſolche zufällige Beobachtung nicht einmal eine Ahnung entſtehen würde. Boyle hat einen ſeiner Aufſätze merkwürdiger Weiſe ſo betitelt: »Von der großen Unwiſſenheit der Menſchen über den Nutzen der natürlichen Dinge; oder daß es nicht ein Ding in der Natur giebt, deſſen Nutzbarkeit

für das menſchliche Leben ſchon vollſtändig bekannt wäre« *). Die ganze Geſchichte der Künſte ſeit Boyle's Zeit iſt eine fortlaufende Erläuterung zu dieſem Texte; und wenn wir unter den Gebrauchsweiſen der Naturwerke auf jene ſicherlich edelſte von allen blicken, welche uns zu einer Erkenntniß des Schöpfers durch die Betrachtung der wundervollen Mittel führt, durch welche Er in Seinen Werken Seine Zwecke in Erfüllung gebracht hat, ſo ſind die Wiſſenſchaften in der Bezeugung der Wahrheit deſſelben nicht zurückgeblieben. Wir können auch nicht annehmen, daß durch die bereits gemachten Entdeckungen das Feld im Geringſten beengt oder überhaupt die Wahrſcheinlichkeit zu Gunſten neuer glücklicher Entdeckungen vermindert worden ſey; im Gegentheil haben beide unberechenbar an Ausdehnung gewonnen. Zwar ſind die vor unſeren Augen vorgehenden gewöhnlichen Erſcheinungen ſehr genau unterſucht, und die der oberflächlichen Beobachtung ſich darbietenden ſchlagenderen und offenbareren Principien erkannt und unſeren Syſtemen der Wiſſenſchaft einverleibt worden; aber jede neue Entdeckung in der Wiſſenſchaft, um nicht zu erwähnen, daß bei weitem der größere Theil der Naturerſcheinungen noch unerklärt bleibt, bringt ganze Claſſen von Thatſachen, die ohne ſie durchaus nie von uns bemerkt worden ſein würden, zum Vorſchein, und ſtellt Beziehungen feſt, welche dem philoſophirenden Geiſte für ſeine Speculation ein beſtändig ſich erweiterndes Feld darbieten, bei deſſen Durchmuſterung es faſt unmöglich iſt, daß er nicht neuen und unerwarteten Principien begegnen ſollte. Wie unendlich größer iſt nicht zum Beiſpiel jetzt die Wahrſcheinlichkeit für Entdeckungen im Gebiete der Chemie bei der Unzahl von Verbindungen, mit denen der heutige Chemiker

*) Boyle's Works, fol, vol. III. Essay X. p. 185.

vertraut ist, als zu der Zeit, wo zwei oder drei imaginäre Elemente und einige zehn oder zwanzig Substanzen, deren Eigenschaften mit einiger Annäherung zur Bestimmtheit bekannt waren, den engen Kreis bildeten, auf welchen der Chemiker seine Gedanken zu beschränken hatte? Wie häufig sind nicht die Fälle, wo eine neue Substanz oder eine neue Eigenschaft, durch ihre Einführung in den täglichen Gebrauch mit allen Elementen unsers gegenwärtigen Wissens in Beziehung gebracht, das Mittel zur Enthüllung von Eigenschaften und Principien unter den gemeinsten Gegenständen geworden ist, die auf keine andere Weise jemals hätten entdeckt werden können? Hätte man (um ein Beispiel anzuführen), wenn das Platin nicht ein Gegenstand des gemeinsten Vorkommens in den Laboratorien gewesen wäre, jemals ahnen können, daß eine ohne Flamme brennende Lampe construirt werden kann? und würden wir ohne diese jemals zu einer Kenntniß jener seltsamen Phänomene und Producte einer Halbverbrennung gelangt sein, welche dieser schöne Versuch enthüllt?

381) Wenn wir schließlich auf das, was in der Wissenschaft bereits vollführt worden ist, zurückblicken, und es mit dem, was noch zu thun übrig bleibt, vergleichen, so ist es kaum möglich, daß wir nicht stark von dem Gedanken ergriffen werden sollten, daß wir eine Arbeit ausgeführt haben und noch ausführen, welche erst künftigen Generationen zum Nutzen gereichen wird *). Nur in wenigen Fällen sind wir zu jenen allgemeinen Grundgesetzen gelangt, welche eine directe deductive Anwendung gestatten, und uns die Erklärungen der physischen Erscheinungen als eben so viele Probleme vor Augen stellen, zu deren Lösung wir die Principien vollständig besitzen, und welche zu ihrer

*) Jackson, The Four Ages, p. 52. London. 1798.

Verfolgung bis in ihre entlegensten Winkel nichts als Schärfe des Raisonnements verlangen. In noch wenigeren Fällen haben wir eine solche Herrschaft über das abstracte Raisonnement selbst erreicht, wie sie zur Erfüllung einer so schwierigen Aufgabe nothwendig ist. So bleibt also die Wissenschaft, in Beziehung zu unseren Fähigkeiten, grenzenlos und unergründlich, und nach dem Verlauf von anderthalb Jahrhunderten nach der Zeit der Entdeckungen Newtons, während welcher jeder Theil derselben mit sicherlich reich belohntem Eifer und Kraftaufwande cultivirt worden ist, bleiben wir noch in der Lage, in welcher er sich zeichnete, — an dem Gestade eines weiten Oceans stehend, von dessen Rande wir wohl einige jener unzähligen schönen Erzeugnisse, die er mit verschwenderischer Freigebigkeit auswirft, aufgelesen haben mögen, deren Gewinnung aber nicht als eine Verminderung seiner noch zurückbleibenden Schätze angesehen werden kann.

392) Aber diese Betrachtung, weit entfernt, unsere Anstrengungen zu unterdrücken oder uns die Hoffnung, irgend etwas wahrhaft Großes erreichen zu können, zu rauben, muß uns vielmehr zu neuen Unternehmungen durch die Aussicht auf eine gesicherte und reichliche Belohnung aus jenem unerschöpflichen Vorrathe ermuntern, welcher nur auf unsere fortgesetzten Bemühungen wartet. »Es ist keine Geringschätzung menschlicher Fähigkeit, wenn man sie für unvermögend hält, sich unendlich zu äußern, oder einen unendlichen Gegenstand zu erschöpfen« *). Auf welchen Standpunct des Wissens wir uns auch den Menschen gestellt denken mögen, so ist doch für sein Fortschreiten zu einem noch höheren nie ein unübersteigliches Hinderniß zu befürchten, sondern dieses muß bis zum letzten Augenblick der Existenz der Gesellschaft währen.

*) Johnson, The Four Ages, p. 90.

393) In dieſer Rückſicht iſt die Anſicht der Wiſſenſchaft vortheilhaft, welche alle ihre Fortſchritte auf die Entdeckung allgemeiner Geſetze und auf die Einſchließung deſſen, was bereits bekannt iſt, in Verallgemeinerungen von noch höheren Ordnungen bezieht; inſofern dieſe Anſicht des Gegenſtandes ihn darſtellt, wie er wirklich iſt, weſentlich unvollſtändig und unfähig, in irgend einem Syſtem völlig verkörpert, oder von einem einzelnen Geiſte ganz umfaßt zu werden. Jedoch müſſen wir daran erinnern, daß, ſo weit unſere Erfahrung bisher gereicht hat, jede Annäherung zur Allgemeinheit auch ein Schritt zur Vereinfachung geweſen iſt. Nur wenn wir in den Irrgängen der Einzelnheiten umherſchweifen und uns darin verlieren, oder uns in vergebliche Verſuche verwickeln, unſern Weg abwärts auf die dornigen Pfade ſolcher Anwendungen zu lenken, zu denen unſere Verſtandeskräfte unzureichend ſind, erſcheint uns die Natur verwickelt: — aber in dem Augenblick, wo wir ſie betrachten, wie ſie iſt, und einen Standpunct einnehmen, von welchem wir eine beherrſchende Ueberſicht, wenn auch nur über einen kleinen Theil ihres Gebiets, gewinnen können, verfehlen wir nie, jene erhabene Einfachheit zu erkennen, bei welcher die Seele mit dem befriedigenden Bewußtſein, die Wahrheit erreicht zu haben, verweilt.

This book should be returned to the Library on or before the last date stamped below.

A fine is incurred by retaining it beyond the specified time.

Please return promptly.

315953

Candler

MAR 71H

Phys 232.6.12
Ueber das Studium der Naturwissensc
Cabot Science 003434639
3 2044 091 953 943